



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

Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo

Departamento de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE DIPLOMA

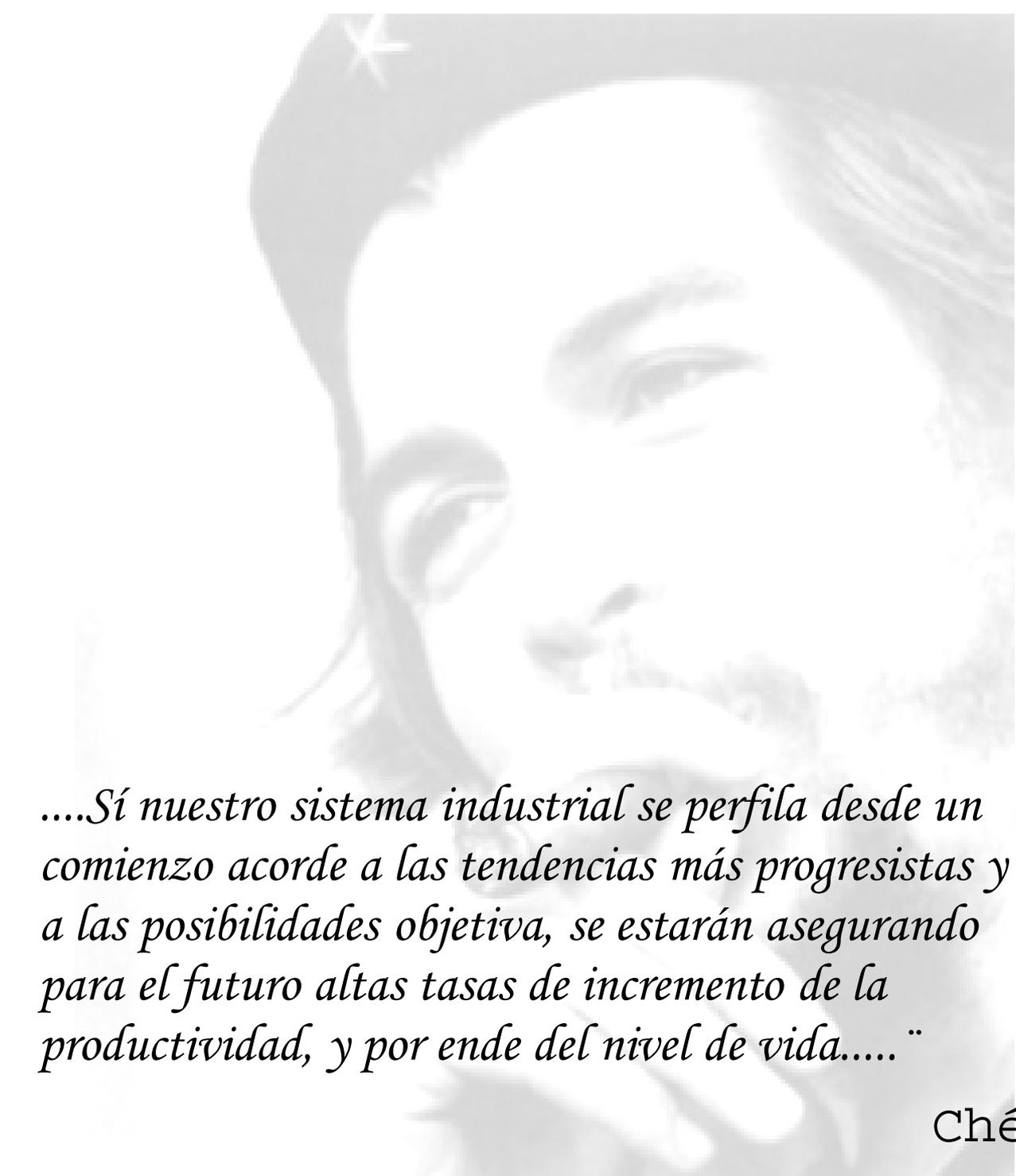
Título: "Diseño de un procedimiento y método para la Planificación de la Producción en el taller de fundición perteneciente a la UEB Alejandro Arias Medina, en Camagüey"

Autor(a): Daymi Pérez Socarrás

Tutor: MSc. Héctor Cuellar Madrigal

Santa Clara 2009-2010

CON SU ENTRAÑABLE TRANSPARENCIA



....Sí nuestro sistema industrial se perfila desde un comienzo acorde a las tendencias más progresistas y a las posibilidades objetiva, se estarán asegurando para el futuro altas tasas de incremento de la productividad, y por ende del nivel de vida.....”

Ché

Dedicatoria

- ♥ *A mi madre por ser el tesoro más grande que poseo, la que siempre responde ante todas las circunstancias de la vida.*
- ♥ *A mi abuelo querido por confiar en mí y esperar pacientemente este momento.*
- ♥ *A mi familia en general por saber impulsarme a lograr este maravilloso sueño.*
- ♥ *A mi novio que me brindó apoyo en todo momento y supo darme fuerzas para seguir adelante.*

Agradecimientos

- ♥ *Al personal de la Unidad Empresarial de Base Alejandro Arias Medinas, en especial a Miguelito por brindarme la atención e información necesaria para la confección del Trabajo de Diploma.*
- ♥ *A mi profesor y tutor Msc. Héctor Cuellar Madrigal por ofrecerme su tiempo, dedicación y experiencia.*
- ♥ *A mi abuelo que siempre ha constituido el motor impulsor de mi formación estudiantil.*
- ♥ *A mi madre que siempre me ha sabido guiar en materia de oficios y de la vida en general.*
- ♥ *A mi novio que me brindó apoyo en todo momento y supo darme fuerzas para seguir adelante.*
- ♥ *A mi familia por haberme brindado todo el apoyo incondicional y su gran esfuerzo para hacer posible este momento.*
- ♥ *A mis eternos amigos, en especial a Raiza que siempre serán el apoyo más grande que tenga por ayudarme y estimularme durante todos estos años de estudio. Por brindarme en cada etapa de mi vida alegrías, tristezas y experiencias.*
- ♥ *A todos los profesores que he tenido durante estos cinco años de universidad por haber contribuido con sus conocimientos en mi formación profesional.*
- ♥ *A todos los que de una forma u otra contribuyeron para que con su ayuda pudiera realizar esta tesis.*

A todos:

Gracias de corazón

Resumen:

El presente Trabajo de Diploma se realiza en el taller de fundición de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Alejandro Arias Medinas, perteneciente a la empresa ACINOX-Camagüey, subordinada al Ministerio de la Sideromecánica.

El objetivo general que se persigue con el desarrollo de la investigación consiste en elaborar un Procedimiento y Método de Planificación de la producción que permita una mejor utilización de los recursos y medios a partir de la determinación de la mezcla más adecuada de componentes a elaborar atendiendo a su peso bruto.

Para dar cumplimiento al objetivo general trazado se concretan una serie de objetivos específicos encaminados a construir el marco teórico referencial como resultado de la revisión de la literatura especializada, diagnosticar el estado actual del proceso productivo del sistema de planificación de la producción en el objeto de estudio, así como reconocer a través de técnicas de análisis y recopilación de datos como, entrevistas y observación directa, las principales deficiencias que afectan de manera directa el desarrollo de la producción, luego mediante la utilización de Método de Expertos se les da un orden de prioridad a los mismos para posteriormente desarrollar a través de herramientas matemáticas el Procedimiento y Método de planificación de la producción propuesto para el taller objeto de estudio.

Seguidamente se muestran una serie de medidas y recomendaciones que le permitirán a la entidad alcanzar un aumento de la satisfacción de sus trabajadores y elevar al máximo la eficiencia de sus producciones.

Abstract:

Diploma Work is done in the foundry Base Business Unit (BSU) Alejandro Arias Medinas, belonging to the company ACINOX-Camagüey, under the Ministry of Iron and Steel. The general objective pursued by the development of the research is to develop a procedure and method of production planning that allows a better use of resources and means from determining the most appropriate mix of components to develop in response to gross weight. To comply with the general objective path is arranged for a series of specific objectives aimed at building the theoretical framework as a result of the review of the literature, diagnose the present state of the production process of the system of production planning in order to study and recognize, through techniques of analysis and collection of data, interviews and direct observation, the main deficiencies that directly affect the development of production, then using method Experts are given a priority order to them to further develop mathematical tools through the procedure and method of production planning for the workshop proposed under study. Then shown a series of measures and recommendations which would enable the institution to archive an increase in the satisfaction of their employees and maximize the efficiency of their production.

Indice:

	Pág.
Introducción.....	1
Capítulo I: Marco Teórico Referencial de la investigación.....	6
1.1 Estrategia para la construcción del Marco Teórico y Referencial de la Investigación.....	6
1.2 Objetivos de la planificación, programación y control de la producción.....	7
1.3 Sistemas de planeación, programación y control de la producción.	7
1.4 Sistemas clásicos.	8
1.5 Sistemas modernos.....	9
1.5.1 Sistema MRP I.....	10
1.5.2 Sistema MRP II.....	11
1.5.3 Diferencias entre MRP I y MRP II.....	12
1.5.4 Sistema Justo a Tiempo (JIT).....	12
1.5.5 Comparación entre los sistemas MRP y JIT.....	14
1.6 Enfoque jerárquico de la planificación, programación y control de la producción.....	15
1.7 Condiciones básicas y factores influyentes en la planificación operativa de la producción (POP).....	17
1.8 Características del sistema de planificación operativa de la producción.....	19
1.9 Elementos de la planificación de la producción a corto plazo (PPCP).....	20
1.10 Objetivos de la conducción y control de la producción.....	22
1.11 Herramientas de investigación de operaciones. Importancia para la toma de decisiones.....	23
1.12 Modelos Económicos Matemáticos (MEM). Aplicación a la planificación empresarial.....	24
1.12.1 Programación Lineal.....	24
1.12.2 Programación No Lineal.....	25

1.13 Método de expertos.....	26
1.13.1 Determinación del número de expertos.....	26
1.14 Las unidades de fundición.....	28
1.15 Conclusiones parciales.....	30
Capítulo II: Procedimiento y método para la planificación de la producción en talleres de fundición.....	31
2.1 Introducción.....	31
2.2 Caracterización general.....	31
2.3 Caracterización del sistema de planificación y programación de la producción en la UEB Alejandro Arias Medinas.....	37
2.3.1 Elementos del subsistema de producción a corto plazo existente en el taller de fundición de la UEB.....	39
2.4 Procedimiento para la planificación de la producción en el taller de fundición perteneciente a la UEB Alejandro Arias Medinas.....	40
2.5 Conclusiones Parciales.....	52
Capítulo III: Aplicación del procedimiento y método en el taller de fundición de la UEB Alejandro Arias Medinas.....	54
3.1 Introducción.....	54
3.2 Aplicación del procedimiento atendiendo a las fases y etapas definidas para el mismo.....	54
3.3 Conclusiones parciales.....	67
Conclusiones.....	68
Recomendaciones.....	69
Bibliografía.....	70
Anexos.....	73

Introducción:

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. Se encuentran inmersas en una economía que recién comienza a recuperarse de los efectos del período especial, afectada por el recrudescimiento del bloqueo de los E.E.U.U y necesitada de un incremento de la efectividad y productividad de sus organizaciones, para demostrar que la empresa estatal socialista puede ser tan o más competitiva que sus similares del área capitalista.

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.

Existen diversos sistemas de organización y 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.

Para el sistema de dirección de la empresa, las funciones de planificación y control representan su verdadero contenido científico y práctico, son el medio de planteamiento de objetivos y la medida de la eficacia de dicho sistema.

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.

El taller de fundición perteneciente a la Unidad Empresarial de Base (UEB) Alejandro Arias Medinas, subordinada a la Empresa ACINOX de Camagüey 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 el escaso conocimiento de los directivos del taller acerca de los sistemas clásicos y modernos 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 y control de la producción.

Dada la prioridad que tiene la función Producción para el logro de los objetivos y metas trazadas en la planta, 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 como **situación problemática** el desaprovechamiento de las capacidades instaladas debido a la incorrecta utilización de los recursos y medios con que se cuenta, ocasionado por la no determinación de la mezcla adecuada de diferentes tipos de piezas a elaborar en el taller. Derivándose como un **problema científico** a resolver la no existencia de un Procedimiento y Método de Planeación de la producción que sea utilizado como soporte para la toma de decisiones en el taller objeto de estudio.

Al realizar un análisis de la literatura especializada y otras fuentes condujeron a formular la **hipótesis de investigación** siguiente: La elaboración de un procedimiento y método para la planeación de la producción, que sea utilizado como ayuda en la toma de decisiones, en el taller de fundición de la UEB Alejandro Arias Medina, permitirá determinar la mezcla adecuada de componentes a producir para lograr una estabilidad en la remuneración entregada mensualmente a los trabajadores y además posibilita una mejor utilización y aprovechamiento de los recursos y medios disponibles, logrando de esta manera un mejor aprovechamiento de la capacidad productiva instalada y con ello una mayor satisfacción de la demanda interna de la UEB.

La hipótesis de investigación quedará validada si el procedimiento y método de planificación propuesto:

- Ofrece un resultado factible de aplicación en el taller de fundición objeto de estudio.
- Permite elevar la eficiencia de los recursos asociados a la capacidad de producción instalada.
- Ofrece la posibilidad de alcanzar una adecuada mezcla de diferentes tipos de piezas a elaborar.
- Resulta viable, de acuerdo con la relación gasto - beneficio que se requiere para su aplicación.
- Ofrece la posibilidad de extensión como instrumento metodológico para ejecutar estudios de este tipo en otras organizaciones del sector analizado.

El **objetivo general** que se persigue con el desarrollo de la investigación consiste en elaborar un Procedimiento y Método de Planeación de la producción que permita una mejor utilización de los recursos y medios a partir de la determinación de la mezcla más adecuada de componentes a elaborar atendiendo a su peso bruto.

Para el logro del objetivo general se trazaron una serie de **objetivos específicos**, los cuales quedan enumerados como sigue:

1. Construir el marco teórico referencial como resultado de la revisión de la literatura especializada tanto nacional como internacional, que sirva de base teórica y guía para la investigación, así como de documento referativo con fines docentes y metodológicos en esta temática.
2. Diagnosticar el estado actual del proceso productivo del sistema de planificación de la producción en el objeto de estudio, caracterizando e identificando las principales deficiencias.
3. Desarrollar y aplicar un Procedimiento y Método de planificación de la producción en el taller, definiendo las técnicas de ayuda necesarias.

Para el logro de los objetivos planteados se utilizan diversos métodos y técnicas que constituyen una combinación entre lo tradicional y lo novedoso, permitiendo identificar de forma efectiva los problemas que afectan a la organización, entre ellos se encuentran: observación directa, aplicación de encuestas a directivos, técnicos y trabajadores del centro, entrevistas, tratamiento automatizado de la información, entre otros.

Con el objetivo de desarrollar el estudio de manera eficiente, la investigación queda estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I: Marco teórico y referencial de la investigación.

Capítulo II: Procedimiento y Método para la planeación de la producción en talleres de fundición.

Capítulo III: Aplicación del Procedimiento y Método para la planeación de la producción en el taller de fundición Alejandro Arias Medina.

La presente investigación se **justifica por:**

Su valor teórico está dado por la posibilidad de construir un marco teórico o de 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 y Control de la Producción , un análisis detallado de los sistemas de Gestión de la Producción vigentes en la actualidad y los modelos matemáticos

existentes que pueden ser aplicables en la planificación de la producción del taller de fundición y que sirven como base para la toma de decisiones.

Su valor metodológico se manifiesta a través del propio desarrollo del procedimiento y método de planificación propuesto que se caracteriza por brindar al proceso productivo una apropiada organización, flexibilidad y perspectivas integrando conceptos y herramientas analíticas que podrá ser aplicadas a otros objetos de estudio con similares propósitos adaptándolo a las características propias que presente.

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 valor práctico de la investigación está dado por la validez, factibilidad y pertinencia demostrada de poder implementar satisfactoriamente cada uno de los elementos analizados, así como el procedimiento y método de planificación propuesto en una muestra representativa de los talleres de fundición que utilizan hornos de cubilote con carbón coque como combustible, y que puede ser progresiva creativamente extendido al resto de la unidades de este tipo.

Capítulo I: Marco Teórico Referencial de la investigación.

1.1 Estrategia para la construcción del Marco Teórico y Referencial de la Investigación.

El presente capítulo tiene como objetivo la creación de un Marco Teórico Referencial como resultado de la revisión de la literatura especializada que constituya la base teórica y guía para la investigación. Además puede ser utilizado como documento referativo con fines docentes y metodológicos en temáticas como la adopción e implementación de los sistemas clásicos y modernos de gestión de la producción como vía para una mejor planificación, programación y control de la producción, enfoque jerárquico de la misma, así como sus principales objetivos. Se abordan también las características, condiciones básicas, elementos y factores influyentes en la Planificación Operativa de la Producción así como herramientas de investigación de operaciones que pueden ser utilizadas en la planificación y que sirven como guía para la toma de decisiones en la organización. El hilo conductor propuesto para desarrollar la investigación se muestra en la Figura 1.

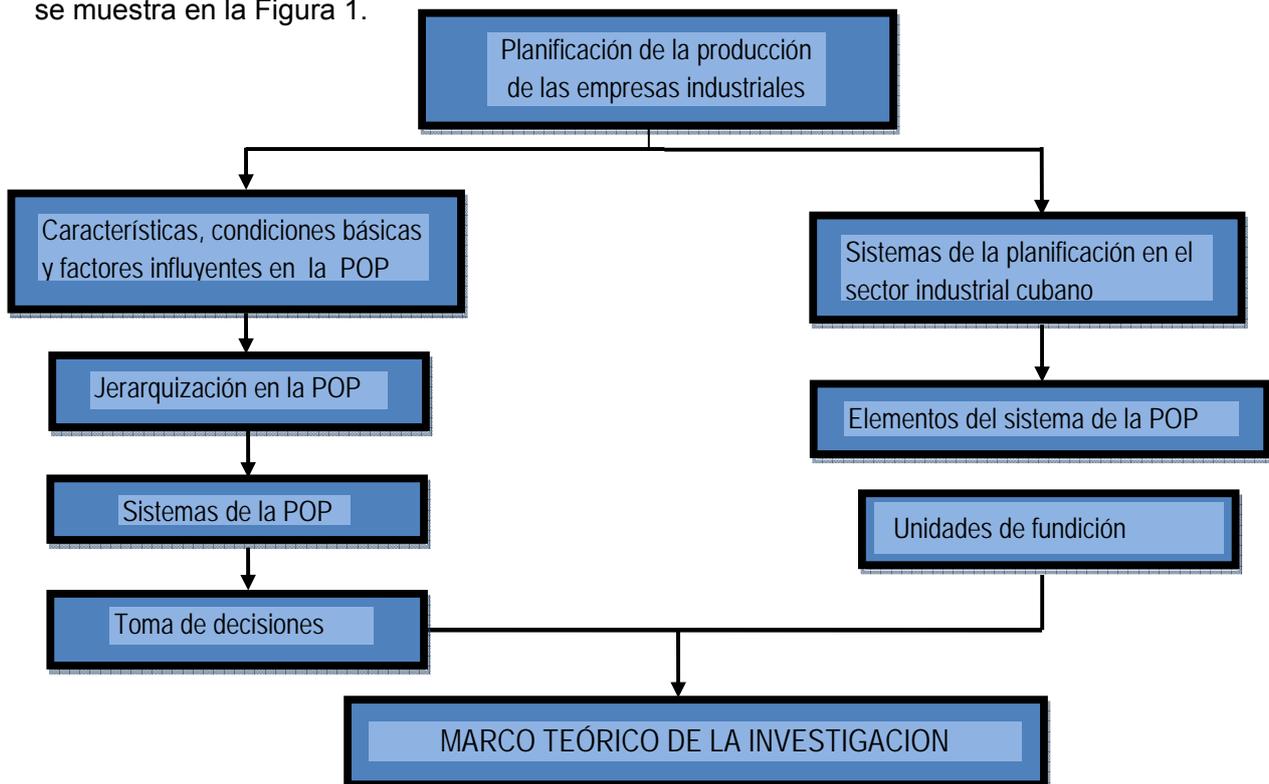


Figura 1. Hilo conductor seguido para la construcción del Marco Teórico Referencial de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

1.2 Objetivos de la planificación, programación y control de la producción.

Según (Ochoa Laburu, 1991), los objetivos de la planeación, programación y control de la producción son maximizar el servicio al cliente, minimizar la inversión en inventario y optimizar la eficiencia de funcionamiento del sistema. Otros autores (Machuca y otros, 1995) plantean como objetivo la disminución de los costos (consumo de materiales, horas de mano de obra, ocupación de los centros de trabajo, stocks, compras) y la fabricación dentro de los costos previstos, lo cual no entra en contradicción con los objetivos anteriores. A menudo estos objetivos chocan entre sí, siendo necesaria la búsqueda de un equilibrio entre ellos que permita la obtención de los mejores resultados para la organización, de ahí la importancia del proceso de planeación y control de operaciones.

La planeación y control de las operaciones se basa en los pronósticos de la demanda futura de producción del sistema. Aún disponiendo del mejor pronóstico y del sistema de operaciones más afinado, no siempre es posible satisfacer la demanda con la actual capacidad, requiriéndose entonces que las decisiones gerenciales a largo plazo sean adaptadas para asignar la capacidad del sistema y atender a la demanda en un período dado.

1.3 Sistemas de planeación, programación y control de la producción.

El propósito fundamental de la investigación está relacionado con el mejoramiento del sistema de planificación y control de la producción, por lo que resulta necesario realizar un análisis del desarrollo y las características particulares de los sistemas más conocidos, incluyendo las ventajas y desventajas de cada uno.

La clasificación de los sistemas de planificación y control de la producción dada por Al Hussein (1995), facilita su estudio y permite además identificar las ventajas de los sistemas modernos y el por qué de su aplicación en las condiciones actuales, donde la competitividad es factor determinante en la supervivencia de las organizaciones. Otros autores (Ochoa Laburu, 1990, 1991; Ronen y Pass, 1992) los agrupan en cinco escuelas básicas:

Clásica, Planificación de Necesidades de Materiales (MRP), Justo a Tiempo (JIT), Tecnología de Producción Optimizada (OPT) y Teoría de las Limitaciones (TOC). Villegas Chamorro (1994) establece su clasificación en “Just in Case” y “Just in Time”, dejando claras sus diferencias.

1.4 Sistemas clásicos.

Los métodos utilizados en las primeras décadas del siglo XX son los llamados clásicos, que surgen desde que Taylor y sus seguidores (Gilbert, Roan, 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, 1990).

Dentro de estas técnicas y métodos se incluyen, entre otros, el punto de pedido, gráficas de Gantt, ruta crítica, 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 de 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 y otros, 1987).

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. Aún 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 (Arana Pérez y Ochoa Laburu 1991) como sigue: Desarrollo de la informática comercial para uso empresarial, éxito de las empresas japonesas, alta tasa de innovaciones tecnológicas y cambios constantes en el mercado y las necesidades 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.

1.5 Sistemas modernos.

Los países de punta en el desarrollo industrial son los primeros que toman conciencia de la extrema necesidad de implementar nuevos sistemas, así como de la inevitabilidad de mirar hacia los métodos y procedimientos de planificación y control de la producción y su perfeccionamiento, ya que por lo general, de forma muy preferencial, se buscaba la perfección de los procesos, máquinas y equipos, y no se le daba la importancia requerida a los métodos y procedimientos para su gestión eficiente. Es así como a principio de la década del 60 aparece en los EE.UU la primera divulgación, realizada por Joseph Orlicky de la IBM, del ahora denominado sistema MRP (Material Requirement Planning) (Company Pascual y Fonollasai, 1989; Ochoa Laburu, 1990, 1991; Vollman y otros, 1991; Fundora Miranda, 1992).

Este método fundamental se empleaba para planificar la compra de componentes de alto valor, materias primas y suministros, persiguiendo desde un punto de vista logístico el objetivo de intentar en lo posible monitorear este tipo de componentes en el inventario; planteaba que teóricamente si se conoce la cantidad de productos finales necesarios y cuándo van a serlo, no hace falta crear inventarios. Además, integrando los pedidos de componentes, materias primas y piezas por un lado y los tiempos de entrega de los suministros por otro, es posible satisfacer los requerimientos de productos finales en el tiempo que se requiere. De este modo, la planificación de requerimientos de materiales se sustenta en la secuenciación precisa del flujo material para poder cubrir las necesidades del proceso de producción (Salvendy, 1990; Company Pascual y Fonollasai, 1989; Ballou, 1991; Vollman, 1991; Machuca, 1995).

Existen diversos autores (Fundora Miranda, 1992; Vollman y otros, 1991) que coinciden en plantear que el objetivo fundamental de este sistema es la planificación de la producción y de gestión de stocks, basado en un soporte informático que responde a las preguntas: ¿Qué, Cuándo y Cuánto hay que hacer?, Machuca (1995) plantea que no se trata de un método sofisticado, sino por el contrario, es una técnica sencilla que procede de la práctica y que funciona y deja obsoletas las técnicas clásicas en lo que se refiere al tratamiento de artículos de demanda dependiente, aseveración hecha también por Salvendy (1990), coincidiendo ambos en que este sistema tiene aptitud cuando la demanda de los distintos componentes no

es continua, sino que el comportamiento es discreto o intermitente, como ocurre en muchas ocasiones.

El sistema MRP originario, parte de un conjunto de informaciones (inputs), tales como el programa maestro de producción, la lista de materiales y el fichero registro de inventarios, las cuales procesa el programa MRP para obtener como salidas (outputs) el denominado plan de materiales, informes secundarios o residuales, además de los datos de transacciones de inventarios que sirven para actualizar el fichero registro de inventario. Existen autores (Company Pascual y Fanollosai, 1989 y Machuca, 1995) que plantean que este sistema MRP originario, consiste esencialmente en un cálculo de necesidades netas de los artículos (productos terminados, subconjuntos, componentes, materias primas) introduciendo un factor nuevo, no considerado en los métodos tradicionales de gestión de stock, que es el plazo de fabricación o de compra de cada uno de los artículos, lo que en definitiva conduce a modular a lo largo del tiempo las necesidades ya que indica la oportunidad de fabricar (o aprovisionar) los componentes con el debido desfasaje respecto a su utilización en la fase siguiente de fabricación, todo realizado mediante un conjunto de procedimientos lógicamente relacionados.

1.5.1 Sistema MRP I

El MRP I consiste en dar un enfoque más objetivo, sensible y disciplinado a determinar los requerimientos de materiales de la empresa. En el Anexo No.1 se muestra el esquema del mismo.

El sistema MRP originario se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Está orientado al producto, dado que a partir de las necesidades de estos, planifica los componentes requeridos.
- Es prospectivo, pues la planificación se basa en las necesidades futuras de equipos.
- Realiza un desfasaje de tiempo de las necesidades de *ítems* en función de los tiempos de suministros, estableciendo las fechas de emisión y entrega de pedidos.
- No tiene en cuenta las restricciones de capacidad, por lo que no asegura que el plan de pedido sea viable.

Los beneficios más significativos que brinda el mismo son: Disminución del stock ,menores costos, con lo cual, ocurre un aumento en los beneficios; incremento de la productividad,

incremento de la rapidez de entrega ,reducción de las horas extras de trabajo, coordinación en la programación de producción e inventarios, rapidez de detección de dificultades en el cumplimiento de la programación, posibilidad de conocer rápidamente las consecuencias financieras de la planificación, satisfacción del cliente, entre otros.

Entre las desventajas del sistema MRP originario se encuentran: Falta de compromiso de la alta gerencia, es solo una herramienta de software que debe ser utilizada correctamente, integración del MRP y el JIT, muestra demasiada rigidez, ocurrencia de fallas en el proceso de instalación a nivel organizacional y de comportamiento.

Existen tres razones fundamentales, planteadas por Machuca (1995), para afirmar que este sistema no está exento de problemas. Estas razones son:

- La exactitud del Plan Maestro de Producción para lograr resultados correctos en el MRP llevó a la incorporación de un modelo de Programación Maestra de Producción.
- La programación se realiza sin tener en cuenta la restricción de capacidades.
- Las posibles dificultades derivadas de la ejecución de los planes materiales en los talleres.

El efecto de las dos últimas razones generó la necesidad de comenzar a utilizar en paralelo, técnicas de planificación de capacidad y de gestión de talleres, lo cual mejora los resultados, pero no propicia una integración real, la cual se logra en un nuevo sistema MRP denominado por Machuca (1995) “Sistema MRP de Bucle Cerrado (BC)” y por Schroeder (1988) “**MRPII**”. En el presente trabajo se adopta la denominación de “MRPII”.

1.5.2 Sistema MRP II

Los sistemas MRP II han sido orientados principalmente hacia la identificación de los problemas de capacidad del plan de producción (disponibilidad de recursos frente al consumo planificado), facilitando la evaluación y ejecución de las modificaciones oportunas en el planificador.

Para ello y, a través del plan maestro de producción y las simulaciones del comportamiento del sistema productivo de la empresa, se tendrá el control para detectar y corregir las incidencias generadas de una manera ágil y rápida. En el Anexo No.2 se muestra el esquema de dicho sistema.

El sistema MRP II ofrece una arquitectura de procesos de planificación, simulación, ejecución y control cuyo principal cometido es que consigan los objetivos de la producción de la manera más eficiente, ajustando las capacidades, la mano de obra, los inventarios, los costes y los plazos de producción. Aporta un conjunto de soluciones que proporciona un completo sistema para la planificación de las necesidades de recursos productivos, que cubre tanto el flujo de materiales, como la gestión de cualquier recurso, que participe en el proceso productivo. Este sistema MRP II se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Gestión avanzada de las listas de los materiales y facilidad de adaptación a los cambios de los pedidos.
- Gestión optimizada de rutas y centros de trabajo, con calendarios propios o por grupo.
- Gran capacidad de planificación y simulación de los procesos productivos
- Cálculo automático de las necesidades de producto material y ejecución automática de pedidos.

Este sistema aporta como beneficios para la empresa una disminución de los costos de Stocks, mejoras en el nivel del servicio al cliente, reducción de horas extras y contrataciones temporales, incremento de la productividad, reducción de los costos de fabricación y una mejor adaptación a la demanda del mercado.

Presenta como desventajas un alto costo del programa de aplicabilidad (MRP), dificultad de implementación debido a la formación y actitud personal, así como defectos técnicos.

1.5.3 Diferencias entre MRP I y MRP II

En el Anexo No.3 se muestra una comparación entre las principales diferencias de los sistemas MRPI y MRPII.

1.5.4 Sistema Justo a Tiempo (JIT)

Una de las filosofías que ha causado gran interés en el mundo empresarial es la denominada “Justo a Tiempo” (*Just In Time*), sobre todo a partir de los años 70 con el gran auge de los productos japoneses por su elevada calidad y precios razonables, lo cual produce un vuelco hacia el estudio de los mitos y realidades de la administración japonesa.

Autores como Company Pascual, 1989 y otros, plantean como idea central del JIT: Producir y entregar artículos terminados justo a tiempo para venderlos, submontajes justo a tiempo para

convertirlos en artículos terminados, piezas fabricadas justo a tiempo para incorporarlas a los submontajes y materiales comprados justo a tiempo para transformarlos en piezas fabricadas. En definitiva, se puede plantear que el JIT exige prestar el servicio en la cantidad, en el momento y con la calidad que exige el cliente, eliminando toda fuente de despilfarro. Esta filosofía propone como principios para lograr lo anterior, la satisfacción de las necesidades de los clientes, la eliminación de los desperdicios, la capacidad de cambio, la calidad total, la simplicidad de métodos y procesos, el compromiso total de las personas y el desarrollo constante o mejora continua (Vollman, 1991; Díaz, 1993; Machuca y otros, 1995).

Machuca, (1995) haciendo referencia a la teoría de los cinco ceros de Georges Archier y Hervé Seryex (1984), plantea que la eficacia de las labores de producción se mide por el acercamiento a las metas, las cuales define de la siguiente forma: Cero defectos, cero averías (o cero tiempo inoperativo), cero stocks, cero plazos, cero papeles (o cero burocracias).

Para el logro de las metas, el JIT trabaja con una serie de instrumentos bien caracterizados por Díaz (1993), Vollman y otros (1991), Company Pascual y Fonollosai (1989) y Machuca y otros (1995), los cuales se relacionan a continuación:

1. Nivelado de la producción.
2. Sistema Kanban
3. Reducción de los tiempos de preparación (sistema SMED) y de fabricación.
4. Estandarización de las operaciones.
5. Capacidad de adaptación a la demanda mediante la flexibilidad en el número de trabajadores: Shojinca.
6. Programa de recogida de ideas y sugerencias: Soikufu.
7. Control autónomo de los defectos: Jidoka.
8. Mantenimiento productivo total (TPM).
9. Las relaciones con los proveedores y clientes.

La filosofía JIT es más que un método de planificación y control de la producción ya que incide en otros aspectos como el diseño del producto, la organización del proceso productivo, las consideraciones de la mano de obra, la distribución física y el control de la calidad. Además por

lo utópico de sus metas, debe ser considerado un proceso de mejora continua que busque el logro de dichas metas continuamente.

La teoría acerca del sistema JIT ha tenido mucha aceptación a nivel mundial y en la última década se ha comenzado a poner en práctica, no solo en empresas japonesas, sino en otros países donde ha dado buenos resultados, en muchos casos dadas las ventajas que ofrece y que varios autores (Vollman y otros, 1991; Company Pascual y Fonollosai, 1989; Machuca y otros, 1995) las resumen como sigue: Reducción del tiempo de preparación de los grupos y del tiempo del ciclo de producción, reducción en los inventarios de todo tipo, reducción del costo de personal directo e indirecto, reducción de los requerimientos de espacio, reducción de los costos de no calidad y materiales, aumento de las ventas, Simplificación de las tareas administrativas y aumento de la satisfacción del personal de la empresa.

A pesar de estas ventajas comprobadas, este sistema es aplicable a la producción seriada con lotes pequeños, que es una de las formas más costosas de la producción y que la capacidad productiva adicional y el control en línea generan costos adicionales; es inconveniente, la remodelación del proceso de fabricación, la cual puede requerir inversiones en medios y la necesidad de modificar la concepción del producto para adaptarlo a un proceso más lógico. Por otra parte Machuca(1995), se refiere a los problemas que puede traer su implantación debido a la formación que requieren los recursos humanos y el peso que recae sobre ellos, las relaciones con los proveedores por el freno que representa la lejanía y el apoyo necesario de la alta dirección unido a su formación.(Alonso Martínez,2002)

1.5.5 Comparación entre los sistemas MRP y JIT

A pesar de las diferencias marcadas entre los sistemas JIT y MRP, existen criterios como los de Company Pascual y Fonollosai (1989) y Machuca (1995) que demuestran cómo sus enfoques no son irreconciliables:

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

1.6 Enfoque jerárquico de la planificación, programación y control de la producción.

Existe una correspondencia lógica entre la planificación, programación y control de la producción y la planificación empresarial. Al hablar de planificación, algunos autores (Hampton, 1983; Machuca y otros, 1995) consideran tres etapas básicas de la planificación empresarial:

Planificación estratégica: es en la que se establecen los objetivos, las estrategias y, en general los planes globales a largo plazo, normalmente entre tres y cinco años. Esta actividad es desarrollada por la alta dirección y se ocupa de problemas de gran amplitud, tanto en términos de actividades organizativas como de tiempo, debido a ello se emplean variables muy agregadas

- Planificación operativa: es donde se concretan los planes estratégicos y los objetivos globales de la empresa para cada una de las áreas y subáreas funcionales, llegándose a un elevado grado de detalle. Así se establecen, además las tareas a desarrollar para que se cumplan los objetivos y planes a largo plazo, indicando donde, cómo y cuándo se llevarán a cabo.
- Planificación táctica: se establecen las medidas correctivas necesarias para eliminar las posibles divergencias entre los resultados y los objetivos relacionados con ellas.

Sin embargo hay que señalar que existen planes difíciles de encuadernar de forma escrita en algunas de las fases mencionadas. Se trata de aquellos que concretan, para cada una de las áreas funcionales, la parte inicial del plan estratégico (normalmente uno o dos años) o de alguno de los planes a largo plazo que lo componen. Son planes que, por la longitud de su horizonte temporal y por la menor amplitud de los problemas tratados, no pueden considerarse propiamente dentro del plan estratégico.

Existe la opinión de autores como Aquilano y Chase (1991), que consideran un nivel intermedio entre la planificación estratégica y la planificación operativa, denominado plan táctico o de mediano plazo, en el que quedarán encuadernados los planes a que se aludió anteriormente.

En el Anexo No.4 se puede observar la lógica correspondencia entre las fases desarrolladas en el área productiva y las que representan a la planificación en el ámbito del conjunto empresarial, donde las fases del área productiva son un subconjunto de la planificación empresarial.

La planificación y control deben seguir un enfoque jerárquico Hax, (1983) que permita la coordinación entre los objetivos, planes y actividades de los niveles estratégicos, tácticos y operativos. Ello quiere decir que cada uno seguirá sus propias metas, pero considerando las del nivel superior, de las cuales dependen, y las de nivel inferior.

Existen varias formas de estructurarse el proceso de planificación y control de la producción con un enfoque jerárquico de acuerdo al criterio de varios autores; (Vollmann y otros, 1991; Aquilano y Chase, 1991). Aunque la esencia siempre sea la misma, se prefiere utilizar el criterio de Machuca (1995), que plantea los siguientes niveles: planificación estratégica o a largo plazo, planificación Táctica o a medio plazo, programación Maestra, programación de Componentes y ejecución y control.

La estructura jerárquica de la planificación y control, parte de los objetivos estratégicos de la empresa (J.A. Machuca y otros, 1995), los cuales tienen en cuenta entre otros factores las previsiones de demanda a largo plazo para establecer el plan de ventas para dicho horizonte temporal, aquí se indicarán las cifras de demanda que la empresa debe alcanzar para cumplir sus metas con los niveles superiores. Este plan de ventas, conjuntamente con los objetivos de la empresa servirá para establecer el plan de producción a largo plazo; de los cuales se derivan las necesidades de recursos para llevarlo a cabo, lo cual genera con los ingresos previstos por ventas, el plan financiero a largo plazo que nos indica el volumen a producir en cifras trimestralmente o anuales muy agregadas (tipos de productos). El conjunto de los tres planes mencionados conforma el plan estratégico o plan de la empresa. Este plan puede considerarse como un acuerdo entre todas las áreas de la empresa, acerca de los objetivos a alcanzar y de la forma de conseguirlos.

La siguiente etapa es la planificación agregada. Esta fase consiste en concretar algo más el plan, se trata de establecer, todavía en unidades agregadas (familias de productos), pero para períodos normalmente mensuales, los valores de las principales variables productivas (cantidad de productos, inventarios, mano de obra, etc.), tomando en consideración la capacidad disponible e intentando que permita cumplirse el plan a largo plazo al menor costo posible. Esta etapa que también se le denomina planificación a mediano plazo, finaliza con el establecimiento de dos planes agregados (Machuca, 1995): el de producción y el de capacidad.

El grado de detalle del plan agregado que permite la coordinación de la planificación estratégica y de la operativa, no es suficiente para llevar a cabo esta última, siendo necesario

descomponer las familias en productos concretos y pasar los períodos de meses a semanas. El resultado será el programa maestro de producción con un horizonte temporal que no supere el año y se desglosa en semanas. Para este plan también es necesario comprobar si es factible desde el punto de vista de la capacidad, ya que el nivel de desagregación es mayor (producto y períodos de tiempo). El hecho de que la capacidad para períodos trimestrales o mensuales sea suficiente de forma agregada, no quiere decir que no existan desajustes semanales, debiéndose realizar un análisis aproximado de capacidad. El no poder resolver los problemas de capacidad a este nivel requiere hacer modificaciones al plan agregado.

La programación detallada se nutre de la programación maestra, abarca un período entre una semana y un mes, desglosándose en intervalos de semanas y días. Las cantidades a producir se especifican al nivel de componentes. En esta etapa también se realiza la planificación detallada de capacidad requerida por las cantidades de componentes. El resultado de todo este proceso es la obtención del Plan de Materiales.

La ejecución y control del plan de materiales, última fase de la planificación jerárquica, se traduce, por una parte en la programación de operaciones en los centros de trabajo, considerando las prioridades de fabricación, y por otra, las acciones de compra de las materias primas y componentes que se adquieren en el exterior. También es necesario realizar aquí un control de capacidad, pero de tipo detallado, con vista a proporcionar retroalimentación a este nivel y a los superiores. En esta última fase también se realizan actividades de programación a nivel detallado (Machuca y otros, 1995).

1.7 Condiciones básicas y factores influyentes en la planificación operativa de la producción (POP).

Según Fundora Miranda (1987) las condiciones básicas para la creación de sistemas de planificación operativa de la producción son las condiciones técnico-organizativas y materiales de la empresa, las cuales sirven como punto de partida para la realización exitosa de la planificación operativa de la producción. Las siguientes condiciones básicas deben como mínimo estar dadas por:

1. La existencia de un plan anual de producción con una correcta fundamentación y distribución de tareas en trimestre o meses. En el caso en que dicho plan no logre las adecuadas proporciones, la POP podrá contribuir muy poco a garantizar una ejecución continua y racional de la producción.

2. Para la elaboración de planes de producción a corto plazo es imprescindible disponer de una calificada preparación de la producción que suministre la necesaria y completa documentación así como una detallada descripción de la tecnología de producción. Además son necesarias normas fundamentadas técnicas y económicamente, normas de gasto de tiempo para la determinación de la duración del ciclo de producción, capacidad de producción, así como el establecimiento de fechas de inicio y culminación de los trabajos. Son necesarias también normas de consumo de material para realizar la planificación del aseguramiento material de las tareas de producción que se planifican.

3. La disponibilidad de medios técnicos y personal calificado es otra condición básica de la POP.

La utilización de medios auxiliares de la técnica para la organización y procesamiento de la información, es necesaria para la solución de las tareas de la POP y bajo condiciones específicas del proceso de producción. La información a elaborar crece extraordinariamente y no se puede procesar de forma racional sin la utilización de la computación electrónica.

El personal que se ocupa de la elaboración de los planes a corto plazo de la producción, su regulación y control tiene que poseer una adecuada calificación y conocer los medios, métodos y procedimientos a emplear, así como poseer las adecuadas habilidades que posibiliten la toma de decisiones más apropiadas para la solución de las tareas de la POP.

Los factores influyentes son aquellos inherentes al proceso productivo que condicionan las características de la POP. La POP es el subsistema de la planificación de la producción más directamente vinculado al proceso de producción, por lo que sus características dependen de las condiciones específicas que presenta el proceso de producción (proceso que se planifica). Dichas condiciones pueden ser de tipo constructivo, tecnológico, organizativo y económico, y para su correcta delimitación pueden ser representadas mediante factores, los que a su vez pueden relacionarse con el producto o el proceso de producción tal y como se muestra en el Anexo No.5.

El conocimiento de los factores influyentes así como de la influencia que ejercen, posibilitan la tipificación de soluciones con respecto al sistema de POP para determinados grupos de empresas que poseen similares condiciones, con ello se logran ahorros de proyección significativos.

1.8 Características del sistema de planificación operativa de la producción

Atendiendo a los distintos puntos de vista existentes para la clasificación de los sistemas, puede afirmarse que la POP es un sistema: (M.Asio: Miguel Garay y Manuel Ramírez, AÑO)

- Relativamente abierto, ya que intercambia informaciones con el medio, y no todas las alteraciones que ocurren en este último repercuten en el sistema.
- Complejo, ya que posee múltiples relaciones internas e incluso algunas de sus partes puede considerarse como un sistema.
- Dinámico, ya que tiene la capacidad de modificar su estado en un intervalo de tiempo.
- Integral, ya que una afectación a cualquiera de sus partes repercuten en el estado del mismo.
- Multiescalones, ya que entre sus partes componentes se establecen determinadas relaciones jerárquicas.
- La piedra angular de cualquier sistema lo constituye el elemento, el cual es un objeto del sistema que no puede seguir descomponiéndose en objetos más pequeños o sencillos, o sea que dentro de ese sistema debe verse indivisible.

Los elementos del sistema de POP presentan también la característica de procesar y transformar la información de manera que a cada elemento deben arribar determinadas informaciones provenientes del medio o de otros elementos, y debe emitir determinadas informaciones que también pueden ser dirigidas hacia el medio u otros elementos del sistema.

Un elemento del sistema de POP se caracteriza por:

- Su objetivo
- Su función
- Sus entradas y salidas

El objetivo constituye la característica principal del elemento ya que sirve para su propia determinación y señala el papel que le corresponde desempeñar al elemento dentro del sistema a que pertenece.

La función es una propiedad del elemento, mediante la cual se expresa la relación entre las entradas y las salidas de este.

Las salidas del elemento expresan informaciones que este debe emitir como resultado del logro de su objetivo, mientras que las entradas son las informaciones que debe recibir para producir dicho resultado.

1.9 Elementos de la planificación de la producción a corto plazo (PPCP)

Los elementos de los subsistemas de la PPCP se determinan con ayuda de los objetivos específicos del sistema y las funciones fundamentales de la planificación de la producción. En cada subsistema de producción se establecen 14 elementos, los cuales según (Fundora Miranda, 1987) son objetivamente necesarios y se repiten con la misma estructura, a continuación se caracteriza cada uno de estos elementos, los cuales son mostrados en el Anexo No.6.

Demanda: Actualizar la demanda de artículos ya calculada en el plan de producción anual, y determinar la demanda de los componentes de producto: piezas subconjuntos y operaciones.

Es necesario aclarar que lo representado como demanda significa tres elementos del sistema: demanda de artículos, de piezas y de operaciones correspondientes al sistema estratégico, táctico y operativo respectivamente.

Ordenes de producción: Formación de las ordenes que propicien una racional fabricación de artículos, piezas y subconjuntos que se demandan para cada periodo del plan.

Gastos de tiempos (totales): Determinación del tiempo de trabajo que requiere cada una de las órdenes de producción formadas en el elemento anterior. Esto sirve como premisa para el balance de capacidad.

Fondo de tiempo: Determinar el tiempo de trabajo que pueden laborar las distintas unidades productoras (procesos tecnológicos, grupos productoras, puesto de trabajo) en cada intervalo del periodo que se planifica, como expresión de posibilidad de acometer trabajos. Este fondo de tiempo en situaciones específicas se debe calcular tanto para fuerzas de trabajo como para los medios de trabajo.

Ciclo: Determinar el tiempo de duración de la ejecución de cada una de la ordenes de producción que fueron formadas en el elemento (ordenes de producción). Esto se establece como premisa para la determinación de las fechas de fabricación.

Fechas (tentativas): Determinar las fechas de ejecución de las ordenes de producción formadas en el elemento (ordenes de producción), como condición para la distribución de los gastos de

tiempos totales entre los intervalos del plan. Estas fechas son tentativas porque se determinan para cada orden de producción por separado, sin considerar interferencias entre estas.

Gasto de tiempo (distribuido): Determinar qué parte del gasto de tiempo total corresponde a cada intervalo del plan. Esto es una premisa directa para el balance de capacidad.

Secuencia: Determinar las secuencias en que deben ser ejecutadas las ordenes de producción. Este elemento es también una premisa directa para el balance de capacidad (cuando se realice un balance secuencial).

Gasto de material: Determinar el gasto de material para cada intervalo del plan, que requieren las distintas órdenes de producción que se planifican.

Fondos materiales: Determinar las cantidades de cada tipo de material que están disponibles en cada intervalo del plan. Este elemento, conjuntamente con el anterior son las premisas para el balance material.

Balance de producción: Comparar los fondos con los gastos para determinar si los recursos disponibles (fuerza de trabajo, medios de trabajo y objetos de trabajo) son suficientes o no para acometer la producción que se planifica para cada intervalo del plan.

Nivelación del balance de producción: Determinación de las medidas a tomar para la eliminación o disminución de las desviaciones que se presentan en relación con los fondos y gastos de los distintos tipos de recursos a balancear, de modo que se alcance la mayor proporcionalidad y continuidad de la producción posible.

Fechas definitivas: Determinar las fechas definitivas de producción para cada orden de producción. En este elemento se tienen en cuenta las interferencias entre las diferentes órdenes de producción y las limitaciones que implican los paros ocasionados por los mantenimientos planificados.

Rendimientos: Determinar los indicadores del rendimiento de la producción para cada intervalo del plan, pueden ser indicadores de utilización de los recursos disponibles, nivel de organización de la producción y sobre los resultados económicos de la producción. La esencia de este elemento es conocer el nivel de argumentación que tiene el plan que se elabora.

1.10 Objetivos de la conducción y control de la producción

Existen algunas tareas que se encargan de controlar, mientras que otras, apoyándose en los resultados de este control, así como de lo establecido en el plan a corto plazo, propician que se comience a ejecutar la producción y logran que esta se realice de acuerdo con lo planificado, (Fundora Miranda 1987), estas son:

1. Asignar las tareas a los ejecutantes e impartición de instrucciones.
2. Coordinar la acción de los distintos factores para que todos trabajen con arreglo al plan establecido.
3. Conocer cómo se va ejecutando la producción y si se corresponde con lo planificado.
4. Conocer con antelación a la ejecución de la producción si los recursos necesarios para acometer la producción planificada están disponibles en cantidad, cantidad, lugar y fecha requeridos.
5. Tomar medidas operativas que permitan eliminar, o al menos reducir, las desviaciones presentadas en la ejecución de la producción, así como aquellas que se detectaron que puedan presentarse.

De lo anterior se puede apreciar que este complejo de objetivos estratégicos se descompone en dos objetivos tácticos: la conducción y el control de la producción, dichos objetivos tácticos pueden formularse de la siguiente forma:

1. Controlar ininterrumpidamente la marcha de la producción, así como el estado de aseguramiento de los recursos que esta requiere, poniendo de manifiesto si existen desviaciones y las causas que lo originan.
2. Orientar a los ejecutantes las tareas concretas que deben realizar y tomar las medidas operativas necesarias para eliminar las desviaciones que se presenten, y sus causas, de forma que la producción se ejecute de acuerdo con lo planificado.

Estos objetivos tácticos a su vez se pueden descomponer en objetivos específicos, los que se corresponden con las tareas antes mencionadas. Una de las vías fundamentales para lograr racionalidad en el cumplimiento de dichos objetivos lo constituye la modelación económica matemática como ayuda a la toma de decisiones correspondiente.

1.11 Herramientas de investigación de operaciones. Importancia para la toma de decisiones

A través de los años los investigadores de operaciones fueron creando procedimientos y herramientas para darle solución a los problemas que en la vida práctica se enfrentaban, pero no se daban cuenta que con el desarrollo de la ciencia y la técnica junto a la complejidad alcanzada por la tecnología y el impacto de esta sobre el ambiente entre otros factores, irían generando diferentes tipos de problemas que para su solución requerirían un mayor conocimiento que el alcanzado, tomando en cuenta todas las posibles variantes de decisión enmarcadas en las situaciones estudiadas. Así, la Investigación de Operaciones comienza a funcionar en el sentido de una óptima tecnología de la dirección y planificación como plantea Asencio García [1994] y confirma Marrero Delgado [2000].

Desde su surgimiento la investigación de operaciones ha sido una poderosa arma en los diferentes procesos de toma de decisiones a cualquier nivel jerárquico y productivo, su amplia gama de herramientas le da una gran flexibilidad y aplicabilidad que va de lo específico a lo general.

La toma de decisiones en las organizaciones, de acuerdo con lo planteado por autores como Gomes & Duarte [1991], Render & Heizer [1996], es un proceso a lo largo del tiempo en el que se pueden identificar al menos cuatro fases: recogida de información (obtención de datos de criterios y alternativas), diseño (determinación precisa de criterios y sus escalas de medida, así como la construcción completa del conjunto de elección), selección (elección de una de las alternativas) y revisión (revisión de las decisiones).

Varios autores como Monks [1991], Asencio García & Califa [1994], Render & Heizer [1996], Marrero Delgado, et al. [2000|a|], Marrero Delgado, et al. [2000|b|], entre otros, han abordado sistemas de procedimientos a seguir para la toma de decisiones, pero todos, de una forma u otra, coinciden en que es necesario acometer el procedimiento reflejado en el Anexo No.7 con el cual se coincide para el uso en el desarrollo de la presente investigación.

Por lo general, según la forma tradicional en que se ha venido realizando la elección de la mejor alternativa, se parte de un conjunto de soluciones factibles para el problema y luego entre todas ellas se efectúa un proceso de ordenamiento, o prioridad para ejecutar en relación con el grado de aceptación de cada una por los diferentes decidores. Posteriormente, utilizando técnicas matemáticas sofisticadas, se procede a buscar entre las soluciones factibles, aquella

que posee un mayor grado de aceptación y se considera a dicha alternativa como la *solución "óptima"*, para el modelo planteado.

Varios autores como Hillier, Lieberman, (2001) coinciden que en esencia la Investigación de Operaciones es: Hacer investigación sobre las operaciones referentes a la conducción y coordinación de actividades dentro de una organización para buscar soluciones a problemas relacionados con el control de esta o de sistemas en relación al hombre-máquina, con el fin de producir soluciones óptimas que ayuden a su mejor funcionamiento.

1.12 Modelos Económicos Matemáticos (MEM). Aplicación a la planificación empresarial

Dentro de la Investigación de operaciones los Modelos Económicos Matemáticos tienen un peso fundamental ya que los resultados que estos vierten en su mayoría pueden interpretarse como guías para tomar decisiones correctas, esto está basado en la capacidad que tienen de mostrar la verdadera situación de la generalidad de los aspectos que se están analizando.

Una definición bastante completa la hace (Santana Baquet, 2009), cuando plantea: "...son un conjunto de técnicas que se utilizan para la toma de decisiones y el análisis del comportamiento de sistemas físicos, biológicos y socioeconómicos, a través de la representación abstracta de los mismos por medio de modelos matemáticos, los cuales se conforman utilizando relaciones funcionales que contienen variables que por su esencia pueden ser de dos tipos: controlables y no controlables. Las variables controlables son las denominadas "variables de decisión"; es decir son aquellas que representan aspectos o elementos del sistema modelado que puedan ser afectados por el hombre. Las variables no controlables son aquellas sobre las cuales el hombre no puede ejercer acción".

Tomando en consideración el hecho de que el sistema real en estudio contenga elementos aleatorios que dan lugar a variables y relaciones aleatorias en el modelo correspondiente, las técnicas de los MEM se agrupan como se muestra en el Anexo No.8.

1.12.1 Programación Lineal

La programación lineal es una técnica matemática ampliamente utilizada, y diseñada para ayudar a los administradores de producción y operaciones en la planeación y toma de decisiones relativas a la negociación necesaria para asignar recursos.

Podemos enunciar el problema de planificación mediante programación lineal como la obtención de un plan de producción que, sometido a restricciones a que dan lugar los recursos limitados de la empresa, proporcione un resultado (rendimiento) óptimo. (Machuca, 1995).

La programación lineal es un procedimiento o algoritmo matemático mediante el cual se resuelve un problema indeterminado, formulado a través de ecuaciones lineales, optimizando la función objetivo, que también es una función lineal. A continuación se señalan los pasos a seguir para modelar:

Variables: Se representan como X_i e implica tres definiciones importantes: definición conceptual, temporal y dimensional. Las variables son números reales mayores o iguales a cero.

CNN: $X_i > 0$ ó $X_i = 0$

Restricciones:

Tipo 1: $A_j = \sum_{i=1}^N a_{i,j} \times X_i$ Tipo 2: $B_j \leq \sum_{i=1}^N b_{i,j} \times X_i$ Tipo 3: $C_j \geq \sum_{i=1}^N c_{i,j} \times X_i$

Función Objetivo:

$$Max! = \sum_{i=1}^N f_i \times X_i \quad \text{ó} \quad Min! = \sum_{i=1}^N f_i \times X_i$$

Otras de las técnicas empleadas para la planificación es el análisis multicriterio, la cual se utiliza en dos formas diferentes. Por una parte la decisión multicriterio discreta, la cual se interesa por la elección entre un número finito de alternativas posibles (proyectos, inversiones, candidatos, etc.) y el segundo campo se centra, fundamentalmente, en la programación lineal con criterios múltiples.

1.12.2 Programación No Lineal

En la investigación de operaciones se utiliza frecuentemente la programación lineal bajo el supuesto que de que todas sus funciones (función y funciones de restricciones) son lineales, esta suposición se cumple en una gran cantidad de casos prácticos, con frecuencia sucede que no es así; de hecho muchos economistas han determinado que un cierto grado de no linealidad es la regla y no la excepción (Hillier & Liberman, Año) por lo cual resulta necesario manejar

problemas de programación no lineal sin realizar supuestos que nos alejen considerablemente del óptimo.

De una forma general el problema de programación no lineal consiste en encontrar

$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ para maximizar $f(X)$, sujeta a $g_i(X) \leq b_i$ para $i = 1, 2, \dots, m$. con $X \geq 0$, donde $f(X)$ y las $g_i(X)$ son funciones dadas de n variables de decisión.

Como problema fundamental en el empleo de la programación no lineal se tiene la ausencia de un algoritmo que resuelva todos los problemas específicos que se ajustan a este formato. En su lugar se han desarrollado clases (tipos especiales) de problemas de programación no lineal. Dentro de los tipos de problemas de programación no lineal se tienen: optimización no restringida, optimización linealmente restringida, programación cuadrática, programación convexa, programación separable, programación no convexa, programación geométrica, programación fraccional y problemas de complementariedad.

Para dar solución a estos problemas tienen diferentes procedimientos entre los que se encuentran procedimiento de búsqueda en una dirección y procedimiento de búsqueda del gradiente.

1.13 Método de expertos.

Un "**experto**" es una persona reconocida como una fuente confiable de un tema, técnica o habilidad cuya capacidad para juzgar o decidir en forma correcta, justa, o inteligente le confiere autoridad.

Método de expertos: Se basa en la consulta a personas que tienen grandes conocimientos sobre el entorno en el que la organización desarrolla su labor. Estas personas exponen sus ideas y finalmente se redacta un informe en el que se indican cuáles son, en su opinión, las posibles alternativas que se tendrán en el futuro.

1.13.1 Determinación del número de expertos

De la cantidad de expertos depende la complejidad y las características del trabajo a realizar. El grupo de expertos debe estar entre 7 y 15 para mantener un nivel de confianza y calificación elevado. La determinación del número de expertos se realiza utilizando criterios basados en la distribución binomial de probabilidad. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

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

Donde:

i : nivel de precisión deseado.

p : proporción estimada de errores de los expertos

k : constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido.

Una vez calculada la cantidad de expertos a emplear se procede a la selección de los mismos. Luego de seleccionar los expertos, se procede concretamente al establecimiento de los criterios y una vez obtenido el consenso de los expertos sobre los criterios que se consideran idóneos para llevar a cabo el estudio, se procede a determinar si es o no confiable el mismo, utilizándose para ello el coeficiente de concordancia de Kendall.

$$W = \frac{12 * (D^2)}{M^2 * (K^3 - K)}$$

Donde:

M : Número de expertos.

k : Número de propiedades o índices a evaluar.

D : Desviación del valor medio de los juicios emitidos.

Valor que se determina mediante la fórmula siguiente:

$$D = \sum_{j=1}^m (a_{ij} - T)$$

Donde:

a_{ij} : Juicio de importancia del índice i dado por el experto j .

T : Factor de comparación (valor medio de los rangos)

El coeficiente de concordancia de Kendall expresa el grado de asociación entre los expertos (M), por tanto es una medida de correlación utilizando rangos.

Para probar la significación del grado de concordancia de los expertos (significación de W) se emplean las siguientes pruebas estadísticas.

Muestras grandes:

Si $k > 7$ (No. de índices) se calcula el estadígrafo

$$\chi^2 = M * (k - 1) * W$$

Si el valor del estadígrafo cumple la restricción:

RC: Si $\chi^2 > \chi^2_{\gamma, K-1}$ se rechaza la hipótesis nula.

H₁: El juicio es consistente.

H₀: El juicio no es consistente.

Muestras pequeñas:

Si $k \leq 7$ se compara el valor de $S = \sum D^2$ con el valor de S_{TAB} en la tabla de Friedman.

Si $S > S_{TAB}$, la hipótesis nula se rechaza al 5 % ó 1% de significación, donde:

H₀: El juicio de los expertos no es consistente.

Los índices que formarán parte de la nomenclatura, son aquellos que mayor desviación negativa tengan con relación al valor medio de los rangos.

1.14 Las unidades de fundición.

El papel importante de las unidades de fundición en la industria mecánica esta dado por el hecho de que en varios productos de la misma, las piezas de hierro fundido constituyen, entre el 80 y el 85 % del peso total. (Mihalyfi 1966).

Las unidades de fundición pueden clasificarse según los factores siguientes:

- a) el material de las piezas fundidas: fundiciones de hierro, hierro maleable, acero y otros metales;
- b) la masividad de la producción: fundiciones de producción alta, mediana y/o baja masividad;

- c) el tamaño de las piezas fundidas: fundiciones de piezas pequeñas, medianas y/o grandes;
- d) la capacidad de producción : fundiciones de capacidad pequeña, mediana y/o grande;
- e) el grado de mecanización y/o automatización respectivamente: mediano y bajo;
- f) su propósito: fundiciones que producen dentro de una fabrica únicamente para la misma y/o fundiciones que producen para varias fabricas;
- g) su ubicación organizativa: fundiciones que se encuentran dentro de cualquier fábrica de la industria mecánica y fundiciones independientes.

Las fundiciones independientes tienen la ventaja de que pueden ser desarrolladas generalmente en tamaños mucho mayores que las que están funcionando dentro de las fábricas. El tamaño juega un papel importante en la posibilidad del desarrollo técnico y económico de las unidades de fundición, pues la experiencia confirma que la producción es generalmente mucho más económica en las grandes unidades de fundición, debido a sus mayores posibilidades de mecanización y automatización.

La producción de piezas fundidas en la misma fábrica donde se realiza su maquinado y ensamblaje, tiene la ventaja de que facilita el cumplimiento del plan de producción y la cooperación armónica entre fundición y maquinado, en grado mayor que cuando las piezas fundidas se producen en una fundición independiente.

Algunos de los factores más importantes presentes en las unidades de fundición son los siguientes:

- 1) La ubicación de la fundición en el plano de la planta general de la fabrica tiene importancia desde el punto de vista del funcionamiento de la fábrica, pues la mayoría de las piezas necesitan maquinado, y así las unidades de fundición deben quedar próximas a las unidades de maquinado. También la ubicación tiene gran importancia desde el punto de vista de las fundiciones mismas, pues estas necesitan un transporte importante de materiales, y en suma, la eficiencia económica de su producción depende grandemente de su ubicación.
- 2) Exigencias con respecto a la calidad de las piezas fundidas.
- 3) Masividad de la producción de las piezas fundidas.

- 4) El modo de moldear (moldes secados y/o no secados, moldeo manual y/o mecánico, moldeo en el piso, etc.)
- 5) La posibilidad de la mecanización y automatización de los procesos de la producción.
- 6) La necesidad de asegurar la continuidad del transporte interno de los materiales.
- 7) La ubicación más ventajosa de las pistas de moldear y vaciar con respecto a los cubilotes.
- 8) El empleo más ventajoso de las áreas que abarcan las grúas.
- 9) Diseño del edificio de la unidad de fundición de manera que corresponda a las exigencias de la tecnología.

1.15 Conclusiones parciales

1. Necesidad de la construcción de un marco teórico referencial como resultado de la revisión de la literatura especializada que constituya la base teórica y guía para la investigación, así como de documento referativo con fines docentes y metodológicos en esta temática.
2. En la literatura científica se encuentran bien definidos los diferentes métodos de ayuda a la toma de decisiones, existiendo además software que facilitan su aplicación.
3. La correcta elaboración de los planes de producción constituye un factor clave en el correcto desempeño de la organización.
4. El método o procedimiento de planificación de la producción a aplicar persigue la optimización de los recursos y medios a utilizar en la elaboración de los productos, y como consecuencia la maximización del volumen de producción.
5. En la literatura revisada no se encontró un procedimiento o método de planeación de la producción en talleres de fundición.

Capítulo II: Procedimiento y método para la planificación de la producción en talleres de fundición

2.1 Introducción.

El sistema de planificación empresarial tiene que ser visto con un enfoque temporal llamado “horizontes de planificación”, cuya necesidad objetiva se deriva del hecho que las tareas económicas anuales (plan anual) están sujetas a programas de mediano plazo, es decir, la planificación debe garantizar la correspondencia entre los intereses del desarrollo futuro, con las especificidades y características propias del presente.

Dada la prioridad que tiene la función Producción para el logro de los objetivos y metas trazadas en la organización, 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 permita aprovechar al máximo la capacidad de producción existente, 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.

El presente capítulo tiene como objetivo brindar una breve caracterización de la Unidad Empresarial de Base (UEB) Alejandro Arias Medina, y de manera específica el taller de fundición perteneciente a la misma. Además se pretende elaborar un Procedimiento y Método de Planificación, Programación y Control de la producción que permita obtener mediante su aplicación en el tercer capítulo de la investigación una mejor utilización de los recursos y medios a partir de la determinación de la combinación más adecuada de componentes a fabricar, con vista a elevar la efectividad de la capacidad de producción del taller de fundición y a lograr una estabilidad en el salario entregado a los trabajadores como resultado de la labor que realizan.

2.2 Caracterización general.

La Unidad Empresarial de Base Alejandro Arias Medinas subordinada a la Empresa ACINOX de Camagüey, fue fundada en 1946 mediante la Resolución No.149 del Ministerio de la Industria Sideromecánica (SIME). Se encuentra ubicada en el kilómetro 4 de la Carretera Central Oeste del Municipio de Camagüey, con un total de 197 trabajadores.

Misión:

Brindar confianza y satisfacción a los clientes cumpliendo los compromisos establecidos en relación a la entrega de producciones destinadas a la industria, la agricultura, la construcción y los servicios, aplicando un sistema de gestión de la calidad basado en la norma ISO 9001: 2000.

Visión:

Constituir una entidad de alto desempeño, consagrada a satisfacer las necesidades de los clientes y nuestra sociedad, con productos y servicios competitivos, basados en altos valores humanos y un arriesgado colectivo, que con sus innovaciones, experiencia y profesionalidad garantiza relaciones estables y ventajosas.

Objeto Social:

Producir y comercializar de forma mayorista electrodos, alambres y artículos derivados del alambre, como mallas de uso industrial, agrícola y de la construcción, clavos, tornillos, barras, bombas manuales, electro bombas, motobombas, sistemas hidráulicos, así como sus partes, piezas, componentes y accesorios, equipos metálicos de uso industrial y no estándar, piezas de repuesto de uso industrial, agrícola y de la construcción, en MN y divisa, según nomenclatura aprobada por el Ministerio de Comercio Interior.

Prestar servicios de montaje, instalación, puesta en marcha, mantenimiento y reparación de sus producciones, así como de mantenimiento y reparación de máquinas herramientas en MN y divisa.

Fundir y comercializar de forma mayorista productos y semi-productos ferrosos y no ferrosos, en moneda nacional y divisa, según nomenclatura aprobada por el Ministerio de Comercio Interior.

Producir y comercializar de forma mayorista a través del mercado de artículos industriales y artesanales productos y artículos metálicos generados a partir de desechos del proceso productivo en MN, según nomenclatura aprobada por el Ministerio de Comercio Interior.

Valores y cultura:

◆ Valores personales a los que se les da mayor importancia: felicidad, amistad, patriotismo, lealtad, honradez, fidelidad, sencillez

- ◆ Valores que más se cumplen en la UEB: patriotismo, afecto, desarrollo, laboriosidad, responsabilidad, antimperialismo.
- ◆ Valores que menos se cumplen en la UEB: Reconocimiento, sabiduría, solidaridad, poder, incondicionalidad, competitividad y agilidad.
- ◆ Valores organizacionales de mejor comportamiento: finalidad, la satisfacción de los clientes; concepción de la organización orientada al mercado; actitud ante la crisis: búsqueda de soluciones
- ◆ Valores organizacionales con ineficiente comportamiento Motivación centrada en las necesidades primarias.
- ☆ Actitud empírica ante el entorno.
- ☆ Ética basada en el poder y el status.
- ☆ Concepción responsable ante el medio ambiente.
- ☆ Solución de los conflictos.
- ☆ Base de las relaciones el trabajo de equipo.
- ☆ Intransigencia ante el delito.

El análisis efectuado, a partir de los valores compartidos, nos demuestra que en esta empresa prima una cultura exploratoria ya que se acepta y se busca el cambio, el riesgo-ganancia, manifestándose rasgos de una cultura creativa.

La estructura organizativa de la UEB está compuesta por tres niveles, en el primero se encuentran 8 departamentos que se subordinan al director general de la misma, los cuales son: Grupo de Organización y Control, Grupo de Seguridad y Protección, Brigada de Ventas, Grupo Técnico, Grupo de Contabilidad y Finanzas y el Grupo de Producción, a este último se le subordina el segundo escalón de mando, conformado por tres talleres, los cuales se conocen como Fundición, Equipos Hidráulicos y por último Paylería y Soldadura. En el tercer nivel se encuentran ubicadas las brigadas de trabajo que corresponden a cada uno de los talleres anteriormente mencionados, encargadas de llevar a cabo el proceso productivo según la función que desempeñan. Ver Anexo No. 9.

El 80 % de las producciones realizadas en la UEB dependen al menos de un componente de hierro fundido, bronce o aluminio, por esta razón el objeto de estudio de la investigación lo constituye el taller de fundición, el cual se encuentra enclavado en la carretera central oeste km 2 ½ del municipio de Camagüey.

Este taller fue fundado en el año 1946, con escasísimos recursos económicos y un pequeño grupo de trabajadores incluyendo a sus antiguos dueños que también se dedicaban a trabajar en ella directamente, el grupo total ascendía a 9 o 10 personas. El negocio fue prosperando y en febrero de 1948, la pequeña fábrica fue trasladada para el terreno que ocupa en la actualidad construyéndose grandes naves con vista a establecer una línea de producción más amplia.

La línea de producción fundamental la constituía la fabricación de equipos de bombeo además de realizar herrajes para butacas, planchas de carbón, hornillas de fogón, bigornia de zapateros y otros para compensar la falta de trabajo cuando se veían afectados por la disminución de la demanda de bombas.

En el mes de octubre del año 1959, los antiguos dueños, los hermanos Raimundo y Máximo Steere se entrevistaron con el Comandante Ernesto Che Guevara, para donarle al Estado Revolucionario la fábrica e incorporar la misma a la producción estatal. De inmediato el Estado comenzó a mejorar las condiciones de la fábrica, construyendo locales para oficinas, nave para el maquinado, una nueva nave para la fundición, almacenes, instalación de nuevas máquinas herramientas para satisfacer las necesidades de aumentar las producciones, etc.

Actualmente la confección de componentes para equipos de bombeo continúa siendo la razón de ser de la fábrica, conocida en la UEB como taller de fundición, esta se dedica a la producción de tres tipos de surtidos, piezas de hierro fundido, la cual es considerada como la principal producción, piezas de bronce y piezas de aluminio. Además, como consecuencia de la ligera recuperación de algunos sectores importantes que tenían deprimida su producción y debido al cierre de algunas fundiciones que no resultan rentables para la economía nacional, en nuestro país ha ocurrido un aumento en la demanda de piezas fundidas. Esta situación afecta de manera directa al taller de fundición al tener que asumir producciones que antes eran realizadas en algunas de estas entidades, entre las cuales se encuentran: molinos de viento, chapeadoras, válvulas para conductoras de agua, zapata de ferrocarril, entre otras.

La producción de piezas fundidas de la entidad van dirigidas principalmente a:

- Ministerio de la Agricultura (Construcción de Chapeadoras, Molinos de viento, piezas para arado animal)
- Ministerio de la Construcción (Reparación de equipos y obtención de piezas para la industria de materiales)
- Ministerio de la Industria Básica (reparación de quipos)
- Ministerio de la Industria Hidromecánica (comercializadora grupo ACINOX)
- Empresa de Talleres Agropecuarios(ETAG)
- Empresa VALVO de Guantánamo
- Empresa Antillana de Acero

Entre los principales proveedores encargados de facilitar al taller los insumos necesarios para la elaboración de los productos, se encuentran las empresas: Geominera, Refractarios, Mielera Brasil, Alambre y Electrodo, Cupex, Materias Primas, Electroquímica de Sagua La Grande, entre otras.

La fuerza de trabajo es el recurso fundamental del taller para llevar a cabo las producciones. Para la caracterización del número de trabajadores con que cuenta el taller como promedio para realizar las tareas correspondientes al plan de producción durante el año 2010, se realizó un análisis de su estructura en cuanto a sexo y categoría ocupacional, el cual se muestra a continuación:

SEXO	TÉCNICO	OBRERO	NIVEL SUPERIOR	TOTAL
M	5	49	1	55
F	2	–	1	3
TOTAL	7	49	2	58

Para dar cumplimiento al objetivo de asegurar las piezas fundidas necesarias en la fabricación de las distintas producciones de la UEB, el taller está compuesto por cuatro brigadas de trabajo, las que se describen a continuación:

Brigada de aseguramiento tecnológico:

Repara el utillaje y los equipos tecnológicos y además se encarga de la obtención y reparación de las plantillas necesarias para llevar a cabo el proceso productivo.

Brigada de moldeo y elaboración de machos:

Se encarga de todo lo relacionado con la preparación de mezclas y elaboración de machos para moldeo tanto en verde como en seco, los que se realizan con arena sílice y agua, el moldeo en seco utiliza como aglutinante la miel de purga y necesita del proceso de secado, el que se realiza en una estufa de fuel oil y carbón coque. En la variante de moldeo en verde solo se agrega la bentonita.

Brigada de fundición y chatarra:

Se encarga de seleccionar, fraccionar y transportar la materia prima necesaria hasta el área de fundición, además de la correcta preparación del horno y la fusión del metal para posteriormente realizar el proceso de fundición.

Brigada de terminación y limpieza:

Dicha brigada se dedica a separar las piezas que no poseen la calidad requerida de las restantes, las que son refundidas y aprovechadas nuevamente en el proceso productivo, también se dedica a eliminar la rebaba de las piezas, que no es más que la eliminación de los defectos superficiales que quedan al fundir y desmoldear cada componente. Además eliminan las irregularidades que puedan presentar por la penetración o incrustaciones de arena en las mismas.

El orden de realización de las diferentes actividades es el siguiente:

Preparación de la mezcla de moldeo y elaboración de machos, para la cual se cuenta con 2 mezcladoras en funcionamiento y una tercera que se encuentra en desuso debido a la falta de personal para guiar su operación, seguidamente se realiza el molde de las piezas a elaborar para lo cual existe un área de moldeo manual en el piso para realizar el moldeo en verde y un área de moldeo en seco con secado en estufa, luego se realiza el vertido del metal en los moldes dejando enfriar el mismo por un día aproximadamente, para después realizar el desmoldeo de las piezas y finalmente realizar a las piezas fundidas la limpieza y rebabeo correspondiente. El tiempo de elaboración de una colada de 5 TM es de 4 días debido a que utilizan 3 días para moldear continuamente y un el restante día para realizar la fundición.

2.3 Caracterización del sistema de planificación y programación de la producción en la UEB Alejandro Arias Medinas.

La planificación de la UEB tiene tres tipos de planes o programas de producción:

- a) Plan anual de producción.
- b) Programa trimestral de producción
- c) Programa operativo mensual.

Además de ello la UEB se traza planes a largo plazo en los que se define de manera general, por una forma muy elemental sin técnicas cualitativas y mucho menos cuantitativas, que la empresa debe incrementar sus niveles de producción y ventas. Esto viene aparejado por los planes futuros de inversión para una ampliación territorial de la misma.

El Plan anual de producción tiene como objetivo establecer los indicadores de producción generales para un año completo, los cuales quedan como los indicadores oficiales para la medición de los resultados de la actividad productiva a nivel estatal. Se elaboran diferentes tablas donde se resume por producto el Plan anual de Producción y el desglose mensual de los productos por los diferentes talleres en los cuales van a ser confeccionados.

Con las cifras del Plan anual de producción, la Dirección de Ingeniería elabora el consumo de materias primas para el Plan anual de Producción.

Para la confección del Plan anual de producción se tienen en cuenta los objetivos estratégicos de la Empresa en general relacionados con indicadores económicos a alcanzar en el año, los aumentos o disminuciones de capacidades, la introducción de nuevos productos, los datos estadísticos de la producción y las ventas en años anteriores, demandas potenciales, entre otros factores, a partir de los cuales se determinan los niveles productivos y de venta necesarios alcanzar, los cuales se desglosan en los diferentes productos. Se entrega copia de la parte que le corresponde del Plan anual de producción a cada taller perteneciente a la UEB. Su discusión y aprobación se efectúa en el Consejo de Dirección donde su máxima aprobación va estar dada por el Director de la UEB en conjunto con el Director General de la Empresa, quedando como constancia un acta de aprobación.

El Programa del Trimestre se realiza entre los días 5 al 15 del mes anterior al que inicia el trimestre. Para su confección se tiene en cuenta los compromisos de venta reales y potenciales del período y la disponibilidad de recursos y capacidades.

Tiene como objetivo limitar la producción en un período de tiempo para la planificación de los recursos necesarios de la etapa que garanticen los principales compromisos de venta.

Participan en su elaboración varias Direcciones de la UEB y se entrega copia del Programa del trimestre a cada taller de la misma. Su discusión y aprobación se efectúa en los consejillos de producción mediante un acta de aprobación y el principal responsable de ello es el Director de la UEB.

El programa operativo de producción se realiza entre los días 25 al 28 del mes anterior al que se programa. Para su confección se tienen en cuenta:

1. Compromisos de venta emitido por la Dirección Comercial. Incluye los inventarios en almacenes.
2. Inventarios de producción en proceso. Registro emitido por Jefe del almacén de proceso.
3. Existencias de materias primas ofrecida por la Dirección de Abastecimiento.

Con esta información el especialista de producción efectúa el montaje de producción para cubrir las necesidades de ventas existentes y atendiendo a las condiciones concretas de capacidades instaladas y recursos disponibles.

El montaje de producción se realiza por talleres. A cada taller se le considera:

1. Equipos disponibles a utilizar.
2. Porcentaje de aprovechamiento según estado técnico de equipos.
3. Norma de producción establecida por la Dirección de Recursos Humanos.
4. Días y turnos programados.
5. Niveles de producción obtenidos en periodos anteriores.

El montaje de producción preliminar elaborado es discutido en Consejo de Producción para efectuar los ajustes necesarios, de aquí sale la aprobación del Programa definitivo por parte del Director, el cual es entregado mediante una copia a cada taller que conforma la UEB. Posteriormente cada Jefe de Taller informa a sus trabajadores el programa operativo.

2.3.1 Elementos del subsistema de producción a corto plazo existente en el taller de fundición de la UEB.

En el taller de fundición de la UEB Alejandro Arias Medinas se encuentran definidos algunos elementos del subsistema de la producción a corto plazo, el cual se determina atendiendo a los objetivos específicos del sistema y las funciones fundamentales de la planeación de la producción.

En el Anexo No.10 se muestra cada uno de estos elementos y a continuación se expondrá la descripción de los mismos.

Demanda: Para cada período del plan se actualiza la demanda ya calculada en el plan de producción anual. De acuerdo a la demanda de bombas recibidas en la empresa se determina la demanda de componentes o piezas de las bombas una vez desglosadas.

Órdenes de producción: En la UEB se realiza la formación de las órdenes de producción que son entregadas al Jefe de Taller de Fundición, encargado de comunicar las mismas al resto del colectivo que allí labora. Con la confección de las órdenes de producción se propicia la fabricación de piezas o componentes que se demandan para cada período del plan.

Fondo de tiempo: Tienen establecido el tiempo de trabajo que deben laborar tanto los medios de trabajo como la fuerza de trabajo en cada intervalo del período que se planifica, como expresión de posibilidad de asimilar trabajos.

Ciclo: Para la determinación de las posibles fechas de fabricación, en la entidad se determina el tiempo de duración de la ejecución (preparación de mezcla de moldeo y machos, fundición, desmoldeo, limpieza y rebabeo) de cada una de las órdenes de producción mencionadas con anterioridad.

Fechas (tentativas): Para la distribución de los gastos de tiempos totales entre los intervalos del plan se determinan las fechas de realización de cada orden de producción por separado, a lo cual se denomina fecha tentativa.

Gasto de tiempo (distribuido): Se analiza qué parte del gasto de tiempo total corresponde a cada intervalo del plan.

Gasto material: analizando las normas de consumo para cada producto a elaborar en las distintas órdenes de producción que se planifican se determina el gasto de material necesario para cada intervalo del plan.

Fondos materiales: Se realiza un levantamiento de la cantidad de cada tipo de material disponible en almacenes de la entidad para llevar a cabo las órdenes de producción en cada intervalo del plan.

Balance de producción: En el taller no se efectúa el análisis del Balance de Carga y Capacidad, simplemente se realiza una comparación entre el gasto necesario para realizar las diferentes órdenes de producción planificadas y el presupuesto entregado para acometer las mismas.

Rendimientos: En el taller de fundición tienen establecidos indicadores de rendimiento como: % de crecimiento y decrecimiento de la producción realizando la comparación entre resultados de la producción real del año en curso con respecto al año anterior.

2.4 Procedimiento para la planificación de la producción en el taller de fundición perteneciente a la UEB Alejandro Arias Medinas.

Para la realización de la planeación y programación de la producción del taller de fundición de la Unidad Empresarial de Base Alejandro Arias Medinas, se propone un procedimiento general estructurado en 5 Fases distribuidas en 11 etapas el cual se muestra en la figura 2. El procedimiento comienza por el análisis de la situación actual del sistema objeto de estudio, para pasar posteriormente al análisis de los principales problemas que afectan el funcionamiento óptimo del proceso productivo y el establecimiento del orden de prioridad de los mismos con el apoyo de métodos de expertos, luego se realiza el planteamiento y desarrollo de la solución, se propone el plan de actuación, para realizar, por último, la implantación y evaluación.

A continuación se presentan las etapas fundamentales a incluir en cada fase.

Fase 1: Análisis de la situación actual del sistema objeto de estudio.

Etapas 1: Establecimiento de los compromisos de la organización

Esta etapa está destinada a conseguir el nivel de familiarización y entendimiento necesario entre el personal encargado de realizar la investigación y el personal involucrado en el proceso de moldeo, desmoldeo, fundición y rebabeo, así como el personal encargado de llevar a cabo la confección de los planes de producción del taller de fundición.

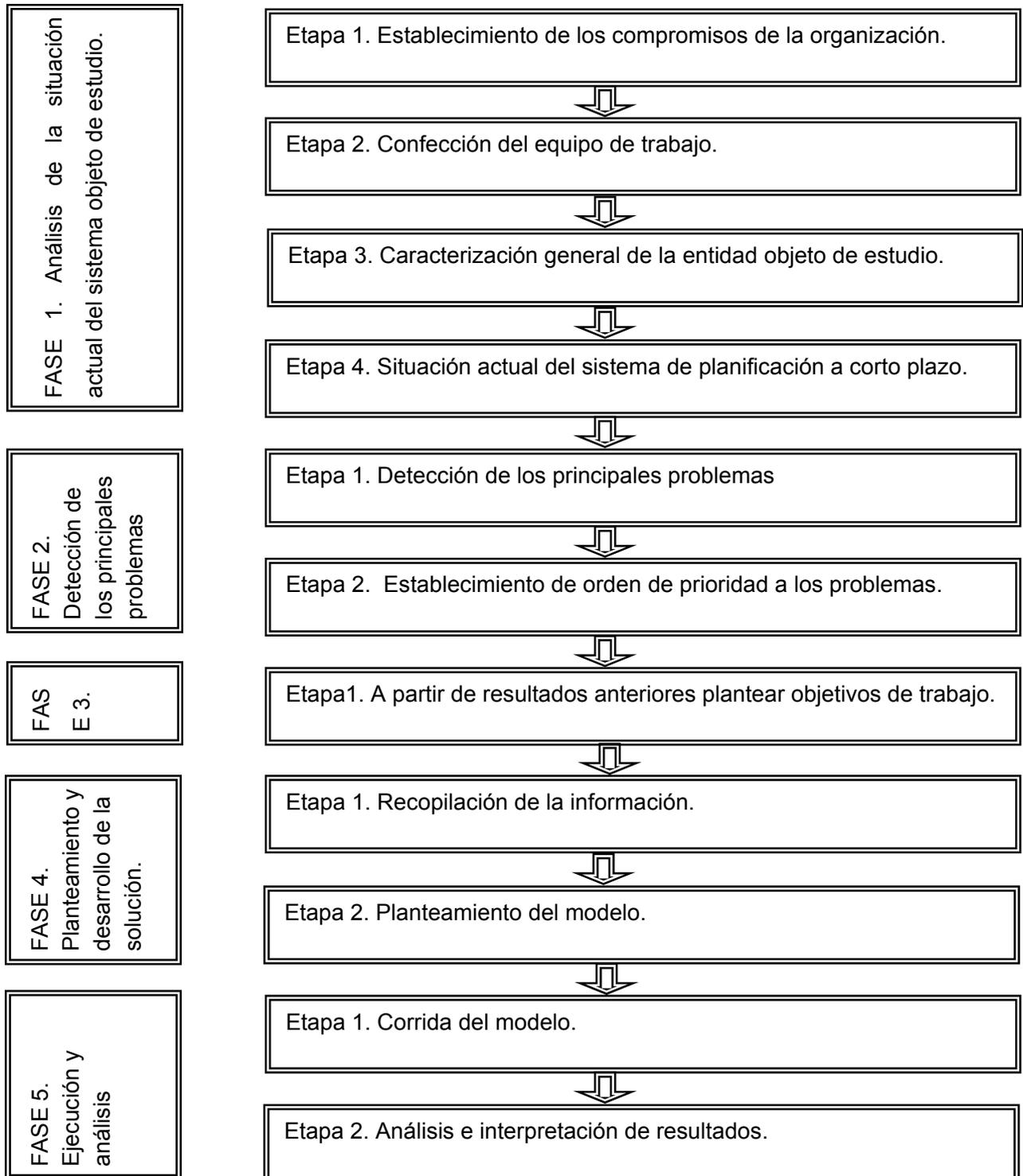


Figura 2. Procedimiento para la planeación de la producción en talleres de fundición. **Fuente:** Elaboración propia

Etapas 2: Conformación del equipo de trabajo.

La referida etapa, abarca la constitución de los equipos de trabajo necesarios para el desarrollo del estudio, el cual tendrá como función la aplicación completa del procedimiento general. Para ello deberán seleccionarse como miembros del equipo preferentemente a un grupo de especialistas del área de producción con conocimientos del proceso productivo, así como algunos pertenecientes al área de Recursos Humanos y Aseguramiento Tecnológico. También en esta etapa se realiza, de ser necesaria, la capacitación del personal involucrado.

Los miembros tienen que ser capaces de llevar a cabo las siguientes tareas:

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

Un "experto" es una persona reconocida como una fuente confiable de un tema, técnica o habilidad cuya capacidad para juzgar o decidir en forma correcta, justa, o inteligente le confiere autoridad. Además no debe adoptar una actitud discriminatoria con alguno de los criterios involucrados en los análisis para proporcionar un aporte de elementos importantes a la investigación. Es necesario que entre todos se logre establecer unidad de criterios y motivaciones para que logren trabajar en equipo.

Para complementar lo anterior es necesario determinar el número de expertos a emplear durante la aplicación del procedimiento general. De la cantidad de expertos depende la complejidad y las características del trabajo a realizar. El grupo de expertos debe estar entre 7 y 15 para mantener un nivel de confianza y calificación elevado. La determinación del número de expertos se realiza utilizando criterios basados en la distribución binomial de probabilidad. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

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

Donde:

i : nivel de precisión deseado.

p: proporción estimada de errores de los expertos

k : constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza elegido (1- α).

Una vez calculada la cantidad de expertos a emplear se procede a la selección de los mismos.

Etapas 3: Caracterización general de la entidad objeto de estudio

Incluye la realización de una descripción general del proceso productivo analizado atendiendo a diferentes elementos entre los cuales se encuentran:

- Misión y visión
- Objeto Social
- Ubicación
- Estructura organizacional
- Valores y cultura
- Principales clientes
- Principales proveedores
- Historia y antecedentes

Para la ejecución de esta etapa se emplean técnicas de análisis y recopilación de información, entre otros, la cual ha sido desarrollada en el epígrafe 2.2 del presente capítulo.

Etapas 4: Situación actual del sistema de planificación y programación de la producción en la unidad.

En esta etapa es necesario realizar una descripción detallada acerca de los diferentes niveles que se emplean para la confección de los planes o programas de producción en la organización, así como los elementos de la producción a corto plazo presentes en la misma, los cuales han sido tratados en el epígrafe 2.3 del presente capítulo. Como culminación de la etapa se realizará una clasificación del tipo de sistema de producción existente atendiendo al modelo planteado por Acevedo (1986) mostrado en la Tabla No.1.

<i>ELEMENTO A ANALIZAR</i>	<i>VARIANTE DE CLASIFICACIÓN</i>				
<i>RELACIÓN PRODUCCIÓN - CONSUMO</i>	ENTREGA DIRECTA			CONTRA EXISTENCIAS	
	CON COBERTURA EN EL CICLO DE ENTREGA	SIN COBERTURA EN EL CICLO DE ENTREGA			
<i>FORMA EN QUE SE EJECUTA EL PROCESO PRODUCTIVO</i>	POR RITMO	POR PROGRAMAS			POR PEDIDOS
		FRECUENC. FIJA	CANT. FIJA	IRREG.	
<i>ELEMENTO A OPTIMIZAR</i>	CICLO DE PRODUCCIÓN	FUERZA DE TRABAJO	MEDIOS DE TRABAJO	OBJETO DE TRABAJO	OTROS

Tabla No.1: Clasificación del tipo de sistema de producción. **Fuente:** Acevedo (1986).

Fase 2: Análisis de los principales problemas que afectan el funcionamiento óptimo del proceso productivo

Etapas 1: Detección de los principales problemas

Para detectar los principales problemas que afectan de manera directa o indirecta el desarrollo de la organización resulta necesario en primer lugar realizar el análisis del banco de problemas de la entidad y en segundo lugar llevar a cabo la aplicación de técnicas como encuestas, entrevistas individuales, observación directa, entre otras.

Etapas 2: Establecimiento de orden de prioridad a los problemas detectados.

En esta etapa, se otorgan y establecen prioridades a los problemas detectados en la organización de acuerdo a los efectos negativos que provocan, como resultado de la aplicación de técnicas de recopilación de datos, entrevistas y mediante el uso de métodos de expertos.

Los métodos de expertos tienen las siguientes ventajas: La información disponible está siempre más contrastada que aquella de la que dispone el participante, además el número de factores que es considerado por un grupo es mayor que el que podría ser tenido en cuenta por una sola persona.

Para la utilización del método de expertos resulta necesario en primer lugar realizar el cálculo del número de expertos (M) a entrevistar utilizando criterios basados en la distribución binomial de probabilidad planteada con anterioridad.

Una vez calculada la cantidad de expertos a emplear se procede a la selección de los mismos. Luego de seleccionar los expertos, se procede concretamente al establecimiento de los criterios y una vez obtenido el consenso de los expertos sobre los criterios que se consideran idóneos para llevar a cabo el estudio, se procede a determinar si es o no confiable el mismo, utilizándose para ello el coeficiente de concordancia de Kendall.

$$W = \frac{12 * (D^2)}{M^2 * (K^3 - K)}$$

Donde:

M: Número de expertos.

k : Número de propiedades o índices a evaluar.

D: Desviación del valor medio de los juicios emitidos.

Valor que se determina mediante la fórmula siguiente:

$$D = \sum_{j=1}^m (a_{ij} - T)$$

Donde:

a_{ij} : Juicio de importancia del índice i dado por el experto j.

T: Factor de comparación (valor medio de los rangos)

El coeficiente de concordancia de Kendall expresa el grado de asociación entre los expertos (M), por tanto es una medida de correlación utilizando rangos.

Para probar la significación del grado de concordancia de los expertos (significación de W) se emplean las siguientes pruebas estadísticas.

Muestras grandes:

Si $k > 7$ (No. de índices) se calcula el estadígrafo

$$\chi^2 = M * (k - 1) * W$$

Si el valor del estadígrafo cumple la restricción:

RC: Si $\chi^2 > \chi^2_{\gamma, K-1}$ se rechaza la hipótesis nula.

H₁: El juicio es consistente.

H₀: El juicio no es consistente.

Muestras pequeñas:

Si $k \leq 7$ se compara el valor de $S = \sum D^2$ con el valor de S_{TAB} en la tabla de Friedman.

Si $S > S_{TAB}$, la hipótesis nula se rechaza al 5 % ó 1% de significación, donde:

H₁: El juicio es consistente.

H₀: El juicio de los expertos no es consistente.

Los índices que formarán parte de la nomenclatura, son aquellos que mayor desviación negativa tengan con relación al valor medio de los rangos.

Fase 3: Planteamiento de los objetivos de trabajo

Esta fase cuenta de una sola etapa, relacionada con el planteamiento de los objetivos de trabajo a partir de los resultados obtenidos en etapas anteriores.

Fase 4: Planteamiento y desarrollo de la solución.

Etapa 1: En esta etapa debe ser realizada la recopilación de la información necesaria para el planteamiento y desarrollo de la solución, la cual será posible a través de la utilización de técnicas como entrevistas, análisis de datos, observación directa, entre otras.

La información a recopilar debe estar encaminada a la búsqueda de los siguientes elementos:

- Denominación de la pieza
- Peso neto
- Peso bruto
- Rango de ubicación de la pieza atendiendo a su peso bruto
- Tipo de caja que requiere la pieza para su elaboración
- Número de piezas que pueden ser elaboradas por cada tipo de caja

- Número de cajas disponibles para el moldeo de piezas
- Norma de tiempo para la elaboración de piezas
- Capacidad de producción
- Tiempo de estufado
- Capacidad volumétrica de la estufa
- Área disponible para el moldeo en verde
- Fondo de tiempo disponible de la brigada de moldeo en verde
- Fondo de tiempo disponible de la brigada de moldeo en seco

Etapas 2: Planteamiento del modelo.

Para la obtención del plan o programa de producción mensual del taller de fundición objeto de estudio se propone utilizar la técnica de programación lineal entera, planteándose el problema en el siguiente modelo:

Variable de decisión:

Para determinar la variable de decisión del modelo es necesario aclarar que en la fabricación de una pieza o componente de hierro fundido es indispensable la elaboración del molde, para mayor facilidad de comprensión se expresa de la siguiente forma:

X_{ij} : Cantidad de productos de tipo i (en unidades) a realizar en el próximo mes de acuerdo a la forma j (unidades / mes).

Donde:

$(i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \dots, n)$. $(j = 1, 2)$

La forma j está dada por el tipo de moldeo empleado, el cual puede ser realizado en verde ($j=1$) ó en seco ($j=2$).

Función Objetivo (FO):

Se pretende maximizar el volumen de producción del taller por lo que la función objetivo queda planteada como sigue:

$$\text{Max } (Z) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij})$$

Restricciones:

Número de cajas disponibles.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij}) \text{RCBM}}{\text{CUPC}} \leq \text{DCBM}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij}) \text{RCRP}}{\text{CUPC}} \leq \text{DCRP}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij}) \text{RCBM}}{\text{CUPC}} \leq \text{DCCP}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij}) \text{RCF}}{\text{CUPC}} \leq \text{DCF}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij}) \text{RCCR}}{\text{CUPC}} \leq \text{DCCR}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij}) \text{RCCC}}{\text{CUPC}} \leq \text{DCCC}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij}) \text{RC100} - 400}{\text{CUPC}} \leq \text{DC100} - 400$$

Donde:

RCBM: Realizada en la caja de la bomba manual

DCBM: Disponibilidad de caja de la bomba manual

RCRP: Realizada en la caja rectangular pequeña

DCRP: Disponibilidad de caja rectangular pequeña

CUPC: Cantidad de unidades por caja

RCCP: Realizada en la caja cuadrada pequeña

DCCP: Disponibilidad de caja cuadrada pequeña

RCF: Realizada en la caja de la florida

DCF: Disponibilidad de la caja de la florida

RCCR: Realizada en la caja circular o redonda

DCCR: Disponibilidad de caja circular o redonda

RCCC: Realizada en la caja cuadrada de la carcaza

DCCC: Disponibilidad de caja cuadrada de la carcaza

RC100-400: Realizada en la caja de la 100-400

DC100-400: Disponibilidad de la caja de la 100-400

Tiempo disponible de estufado

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{(X_{ij})}{T_{Ei}} \leq TDSE$$

Donde:

Tei: Tiempo de estufado de la pieza i (u/min)

TDSE: Tiempo disponible de secado en la estufa (min/mes)

Capacidad volumétrica de la estufa

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{(X_{ij})}{CMCBSP} \leq 1$$

Donde:

CMCBSP: Cantidad máxima a colocar en la estufa si se realiza solamente ese producto

Capacidad de producción

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij}) PB \leq CPM$$

Donde:

PB: Peso bruto (Kg/u)

CPM: Capacidad de producción mensual (Kg/mes)

Área disponible para el moldeo en verde

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{(X_{ij})}{CUPC} AC \leq AL * \% APROVA$$

Donde:

AC: Área de la caja (m²)

CUPC: Cantidad de unidades por cajas (u/caj)

AL: Área del local (m²)

% APROVA: Por ciento de aprovechamiento del área (%)

Fondo de tiempo disponible de la brigada de moldeo en verde y en seco:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{i1} * Nt) \leq Ftdv$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{i2} * Nt) \leq Ft ds$$

$$Ftdv/s = Ntrab * t/d * h/t * d/m * 60min/h$$

Donde:

X_{i1}: Cantidad de productos de tipo i realizadas en verde (u/mes).

X_{i2}: Cantidad de productos de tipo i realizadas en seco (u/mes).

Nt: Norma de tiempo (min/u).

Ftbv: Fondo de tiempo disponible de la brigada de moldeo en verde (min/u).

Ftbs: Fondo de tiempo disponible de la brigada de moldeo en seco (min/u).

Ntrab: Número de trabajadores (trab)

t/d: turnos al día

h/t: horas por turno

d/m: días al mes

min/h: minutos por horas

Demanda mínima conjunta

Con el objetivo de estabilizar el salario mensual de la fuerza de trabajo, se determina la tarifa promedio por tonelada métrica mensual, conveniente para satisfacer las exigencias de los trabajadores, esta tarifa permite obtener la cantidad de toneladas métricas promedio necesarias a realizar para poder obtener dicha tasa.

Además es necesario calcular la cantidad de unidades equivalentes entre 1-1,5 toneladas métricas.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij})}{C_{ij}} \geq TM_{prom}$$

$$CUETM1 = \frac{1000 \text{ Kg/TM}}{PB \text{ Kg/u}} = \frac{u}{TM}$$

Demanda máxima por tipo de pieza

$$CUETM1,5 = \frac{1500 \text{ Kg/TM}}{PB \text{ Kg/u}} = \frac{u}{TM}$$

$$(X_{ij}) \leq CUETM1,5$$

Donde:

CUETM_{1/1,5}: cantidad de unidades equivalentes a 1 o 1,5 toneladas métricas. (u/TM)

TM_{prom}: toneladas métricas promedio. (Kg/u)

PB: peso bruto. (Kg/u)

Fase 5: Ejecución y análisis

Etapla 1: Se basa en la corrida del modelo mediante la utilización del software de Ingeniería Win QSB utilizando el método de programación lineal entera Branch and Bound.

Etapla 2: Análisis e interpretación de resultados.

En esta última etapa se efectuará la interpretación de la salida del software utilizado para la resolución del problema, de esta forma quedará determinada la cantidad de cada tipo de piezas a elaborar atendiendo a la forma de moldeo empleada, para lograr la tarifa salarial promedio deseada.

Para la confección final del plan de producción se puede crear una situación compromiso entre la comparación de la solución factible expresada por el modelo y el comportamiento de la demanda en períodos anteriores.

2.5 Conclusiones Parciales

- El Procedimiento elaborado permite organizar el estudio diagnóstico del sistema productivo de una organización para la aplicación de técnicas o métodos de investigación de operaciones.
- El procedimiento propuesto permite detectar de los principales problemas de la entidad así como el establecimiento del orden de prioridad de los mismos.

- Los elementos del subsistema de producción a corto plazo existentes en el taller de fundición de la UEB Alejandro Arias Medinas son: Demanda, Órdenes de producción, Fondo de tiempo, Ciclo, Fechas (tentativas), Gasto de tiempo, Gasto material, Fondos materiales, Balance de producción y rendimientos.
- Es necesaria la utilización de Software de Ingeniería para determinar la solución factible que ayude a la toma de decisiones en cuanto a la planeación de la producción.

Capítulo III: Aplicación del procedimiento y método en el taller de fundición de la UEB Alejandro Arias Medinas.

3.1 Introducción

En este capítulo se muestran los resultados de la aplicación del procedimiento para la planeación de la producción en el taller de fundición perteneciente a la UEB Alejandro Arias Medinas.

3.2 Aplicación del procedimiento atendiendo a las fases y etapas definidas para el mismo.

Fase 1: Análisis de la situación actual del sistema objeto de estudio.

Etapas 1: Establecimiento de los compromisos de la organización

En esta etapa queda establecido el nivel de compromiso del personal que labora en las diferentes áreas del taller de fundición de la UEB con la autora de la investigación, para proporcionar la información y explicación necesaria a utilizar durante la aplicación del procedimiento y método de trabajo.

Etapas 2: Conformación del equipo de trabajo.

Para la conformación del equipo de trabajo se aplicó la fórmula de cálculo del número de expertos definida en el capítulo anterior, epígrafe 2.4, fijando un nivel de confianza del 99%, el valor de la constante K será 6.6564, el nivel de precisión deseado será del 10% y la proporción estimada de errores de los expertos de un 1.5%.

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

$$M = \frac{0.015 * (1 - 0.015) * 6.6564}{0.10^2} = 8.12 = 9$$

Como resultado del cálculo anterior el equipo de trabajo queda conformado por 9 personas.

Etapas 3: Caracterización general de la entidad objeto de estudio

Esta etapa ha sido desarrollada en el capítulo anterior epígrafe 2.2 atendiendo a cada uno de los elementos planteados.

Etapa 4: Situación actual del sistema de planeación y programación de la producción en la unidad.

En el epígrafe 2.3 del Capítulo II de la investigación se desarrolla esta etapa realizando una descripción detallada acerca de los diferentes niveles que se emplean para la confección de los planes de producción en la organización, así como los elementos de la producción a corto plazo presentes en la misma.

La clasificación del tipo de sistema de producción existente atendiendo al modelo planteado por Acevedo (1986) se muestra en la Tabla No.2.

El sistema productivo de la entidad objeto de estudio se clasifica en cuanto a la relación Producción-Consumo como entrega directa sin cobertura en el ciclo de entrega, la forma en que se ejecuta el proceso productivo puede ser por programas de manera irregular o por pedidos, la primera, para la fabricación de piezas componentes de los equipos hidráulicos que se fabrican en la UEB, debido a que el número de piezas a elaborar depende de la cantidad de bombas planificadas a realizar y esta a su vez del número de motores de cada tipo que serán importados y la segunda para las producciones destinadas a clientes externos de la UEB. El elemento a optimizar es el ciclo de producción.

<i>ELEMENTO A ANALIZAR</i>	<i>VARIANTE DE CLASIFICACIÓN</i>				
<i>RELACIÓN PRODUCCIÓN - CONSUMO</i>	<i>ENTREGA DIRECTA</i>			<i>CONTRA EXISTENCIAS</i>	
	<i>CON COBERTURA EN EL CICLO DE ENTREGA</i>		<i>SIN COBERTURA EN EL CICLO DE ENTREGA</i>		
<i>FORMA EN QUE SE EJECUTA EL PROCESO PRODUCTIVO</i>	<i>POR RITMO</i>	<i>POR PROGRAMAS</i>			<i>POR PEDIDOS</i>
		<i>FRECUENC. FIJA</i>	<i>CANT. FIJA</i>	<i>IRREG.</i>	
<i>ELEMENTO A OPTIMIZAR</i>	<i>CICLO DE PRODUCCIÓN</i>	<i>TIEMPO DE TRABAJO</i>	<i>MEDIOS DE TRABAJO</i>	<i>OBJETO DE TRABAJO</i>	<i>OTROS</i>

Tabla No.2 Clasificación del tipo de Sistema de Producción. **Fuente:** Acevedo Suárez (1986).

Fase 2: Análisis de los principales problemas que afectan el funcionamiento óptimo del proceso productivo

Etapa 1: Detección de los principales problemas

Con el objetivo de detectar los principales problemas existentes para mejorar los resultados de la producción, así como elevar la eficiencia y eficacia del taller de fundición perteneciente a la UEB Alejandro Arias se llevó a cabo un análisis del banco de problemas de la unidad, además se realizaron diferentes interrogantes a los trabajadores del centro mediante una encuesta a los mismos la cual se muestra en el Anexo No.11. Como resultado de lo expuesto con anterioridad quedan definidos los siguientes problemas:

1. Desaprovechamiento de la capacidad del área de moldeo.
2. Deficiencias en la confección de los planes de producción.
3. Insatisfacción de los trabajadores debido a la inestabilidad de la remuneración mensual que reciben como resultado de su labor.
4. En ocasiones presentan problemas con el aseguramiento de materiales e insumos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del proceso en cuanto a cantidad y oportunidad.
5. Utilización de un carácter empírico para decidir la forma de realización del moldeo de piezas ya sea en seco o en verde.

Etapa 2: Establecimiento de orden de prioridad a los problemas detectados.

Para la determinación del grado de incidencia de los problemas existentes en el taller de fundición objeto de estudio, es preciso consultar el criterio de un grupo de expertos, conformado por directivos del taller y de la UEB a la cual se subordina. Con este propósito resultó necesario en primer lugar realizar un cálculo del número de expertos (M) a entrevistar utilizando criterios basados en la distribución binomial de probabilidad, el que se refleja en la etapa 2 de la fase 1 del procedimiento.

Como resultado del cálculo del número de expertos realizado con anterioridad se realiza una entrevista a 9 expertos, la interrogante realizada a los mismos se muestra en el Anexo No.12.

Debido a la experiencia y dominio sobre las diferentes actividades realizadas en la entidad objeto de estudio y el grado de confiabilidad mostrado al resto de los trabajadores se escogen como expertos los siguientes compañeros:

Pertenecientes a la UEB: Jefe de Aseguramiento (A), Jefe de Producción (B), Director (C), Técnico en recursos Humanos (D).

Pertenecientes al taller de fundición: Jefe de la brigada de aseguramiento tecnológico (E) Jefe de taller (F), Jefe de la brigada de fundición (G), Jefe de producción (H) y Jefe de la brigada de moldeo y elaboración de machos. (I).

El criterio expresado por cada uno de los expertos acerca de los problemas existentes, así como los datos necesarios para la determinación del que más incide en el desarrollo de la organización se muestra en el Anexo No.13, otorgando a los de mayor incidencia valor 1 y los de menor valor 5.

Una vez recopilado el criterio de cada experto resulta necesario validar o determinar si existe concordancia entre los mismos, para lo cual se plantea un juego de hipótesis analizando el coeficiente de concordancia de Kendall (W), para ello se asume un nivel de confianza del 99%.

Juego de hipótesis

H_0 : No existe concordancia entre el criterio de los expertos.

H_1 : Existe concordancia entre el criterio de los expertos.

$$\Gamma = \frac{\sum \sum A_{ij}}{k} = \frac{136}{5} = 27$$

Como el número de características es menor que 7 entonces la región crítica será:

$$S > S_{TAB}$$

$$S = \sum D^2 = 442$$

Siendo:

K: Número de características (5).

M: Número de expertos (9).

Se asume para el estudio un nivel de confianza del 99%.

$$S_{\text{tab}} = 275.9$$

$$442 > 275.9$$

Como se cumple la región crítica, se rechaza H_0 , por tanto existe concordancia entre el criterio de los expertos. Después de realizada la validación se llega a la conclusión de que el principal problema radica en las deficiencias existentes en la elaboración de los planes de producción, en segundo lugar se encuentra la insatisfacción de los trabajadores debido a la inestabilidad de la remuneración mensual que reciben como resultado de su labor y en tercer lugar el desaprovechamiento de la capacidad del área de moldeo.

Fase 3: Planteamiento de los objetivos de trabajo

Como conclusión de la etapa anterior la presente investigación tiene como finalidad la correcta elaboración del plan de producción mensual, que garantice una adecuada mezcla entre los diferentes tipos de piezas a elaborar atendiendo al peso bruto de las mismas, de esta manera se pretende lograr el máximo aprovechamiento de las capacidades de moldeo existente que trae como resultado un aumento de los volúmenes de producción y por otra parte se garantiza un equilibrio medio en la remuneración mensual entregada a los trabajadores. Para el logro de ello el estudio se apoyará en Técnicas de Investigación de Operaciones, específicamente en la utilización de Modelos Económicos Matemáticos de Programación Lineal entera, los cuales tienen un peso fundamental ya que los resultados que estos vierten en su mayoría pueden interpretarse como guías para tomar decisiones correctas.

Fase 4: Planteamiento y desarrollo de la solución.

Etapa 1: Recopilación de la información

La capacidad de producción del taller de fundición es de 30 TM mensual, el mismo se encuentra limitado fundamentalmente por el tamaño del área de moldeo la cual está formada por 15 m de largo y 14m de ancho. El ancho del área se encuentra dividido por cinco tiras de moldeo sobre las que se colocan las cajas de molde de las piezas, separadas a 1m una de otra, cada una de 1m de ancho, la separación entre la primera tira y la última tira de la pared es de $1 \frac{1}{2}$ m, mientras el largo va a estar ocupado por la cantidad de diferentes tipos de cajas en dependencia de la pieza a elaborar. Debido a ello se define un porcentaje de utilización del área del 60%.

Para el desarrollo de la investigación se tomaron los datos de los elementos correspondientes al plan de producción del mes de abril.

Para el análisis de la capacidad volumétrica de la estufa se determinó la cantidad máxima de cada tipo de pieza que se puede colocar en la estufa atendiendo a su volumen, si en un momento determinado se realizara solamente ese producto, a continuación se muestran dichas cantidades para las producciones realizadas en el mes de abril:

Moldes	Cantidad (u)
Cuerpo AMS 25-100	162
Impelente 100-400	48
Cuerpo AMS 25-100	240
Impelente AMS 25-100	240
Cabezal B # 52	162
Impelente 100-400	48
Cabezal B # 52	240

Tabla No.3: Cantidad máxima de cada tipo de pieza. **Fuente:** Elaboración propia.

La brigada de moldeo en verde está compuesta por 11 trabajadores, que laboran 1 t/d, 8h/t, 18d/m y 11m/año, para un total de 95040 min / mes.

La brigada de moldeo en seco está compuesta por 7 trabajadores, que laboran 1 t/d, 8h/t, 18d/m y 11m/año, para un total de 60480 min / mes.

En el taller de fundición para la obtención de la tarifa salarial promedio adecuada a utilizar para entregar a los trabajadores el salario correspondiente con el trabajo que realizan tienen determinados 6 rangos de producción, Ver tabla No.4, atendiendo al peso bruto de las piezas, quedando establecida una tarifa salarial para cada rango. Dicha tarifa va a estar dada por la cantidad de toneladas métricas que los trabajadores sean capaces de realizar en cada colada, las cuales oscilan entre 1 y 1.5 toneladas métricas para cada tipo de producto.

La información de los restantes elementos necesarios a recopilar en la presente etapa se presenta en el Anexo No.14.

RANGO	PESO BRUTO Kg/u
1	(0.10-3.99)
2	(4-10.99)

3	(11-20.99)
4	(21-49.99)
5	(50-99.99)
6	(100-250)

Tabla No.4: Rango de piezas atendiendo al peso bruto (kg/u). **Fuente:** Elaboración propia.

Etapa 2: Planteamiento del modelo

Variables de decisión:

x_{ij} : Cantidad de productos de tipo i (en unidades) a realizar en el próximo mes de acuerdo a la forma j (unidades / mes).

Donde:

(i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24.).

(j =1,2)

La forma j está dada por el tipo de moldeo empleado, el cual puede ser realizado en verde (j=1) ó en seco (j=2).

Función Objetivo (FO):

$$\text{Max (Z)} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (X_{ij})$$

$$\text{Max (Z)} = x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} + x_{61} + x_{71} + x_{81} + x_{91} + x_{102} + x_{111} + x_{121} + x_{131} + x_{142} \\ + x_{151} + x_{161} + x_{171} + x_{181} + x_{191} + x_{201} + x_{211} + x_{221} + x_{232} + x_{242}$$

Restricciones:

Número de cajas disponibles.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (X_{ij}) \text{RCBM} \leq \text{DCBM}$$

$$x_{11} + x_{21} \leq 120 \text{caj/mes}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij}) \text{RCRP}}{\text{CUPC}} \leq \text{DCRP}$$

$$\frac{x_{31} u/m}{2u/caj} + \frac{x_{61} u/m}{2u/caj} \leq 180 \text{caj/mes}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij}) \text{RCCP} \leq \text{DCCP}$$

$$x_{41} + x_{51} + x_{71} \leq 1800 \text{caj/mes}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij}) \text{RCF} \leq \text{DCF}$$

$$x_{121} \leq 276 \text{caj/mes}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij}) \text{RCCR} \leq \text{DCCR}$$

$$x_{131} + x_{151} + x_{161} + x_{171} + x_{181} \leq 120 \text{caj/mes}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij}) \text{RCCC} \leq \text{DCCC}$$

$$x_{191} + x_{211} + x_{221} \leq 276 \text{caj/mes}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij}) \text{RC100-400} \leq \text{DC100-400}$$

$$x_{201} \leq 120 \text{caj/mes}$$

Tiempo disponible de estufado

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{(X_{ij})}{TE_{ij}} \leq \text{TDSE}$$

$$\frac{x_{102} \text{ u/mes}}{0.4 \text{ u/min}} + \frac{x_{142} \text{ u/mes}}{0.4 \text{ u/min}} + \frac{x_{232} \text{ u/mes}}{0.293 \text{ u/min}} + \frac{x_{242} \text{ u/mes}}{0.5 \text{ u/min}} + \frac{x_{242} \text{ u/mes}}{0.5 \text{ u/min}} \leq 8640 \text{ min/mes}$$

Capacidad volumétrica de la estufa

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{(X_{ij})}{CMCBSP} \leq 1$$

$$\frac{x_{102}}{162} + \frac{x_{142}}{48} + \frac{x_{232}}{240} + \frac{x_{242}}{240} \leq 1$$

Capacidad de producción

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{ij}) \text{ PB} \leq \text{CPM}$$

$$\begin{aligned} 15.574x_{11} + 13.5x_{21} + 2.056x_{31} + 1.879x_{41} + 3.17x_{51} + 2.141x_{61} + 4.77x_{71} + 1.39x_{81} + 1.555x_{91} \\ + 1.707x_{102} + 1.39x_{111} + 5.35x_{121} + 2.23x_{131} + 42.59x_{142} + 52.35x_{151} + 58.7x_{161} \\ + 52.35x_{171} + 4.43x_{181} + 19.394x_{191} + 111.7x_{201} + 24.38x_{211} + 22.79x_{221} \\ + 3.92x_{232} + 1.3x_{242} \leq 30000 \text{ kg/mes} \end{aligned}$$

Área disponible para el moldeo en verde

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{(X_{ij})}{CUFC} AC \leq AL * \% \text{ APROVA}$$

$$\begin{aligned}
 &0.2442 * \frac{x_{11u}/mes}{1u/caj} + 0.2442 \frac{x_{21u}/mes}{1u/caj} + 0.24 \frac{x_{31u}/mes}{2u/caj} + 0.1156 \frac{x_{41u}/mes}{1u/caj} + 0.1156 \frac{x_{51u}/mes}{1u/caj} + \\
 &0.24 \frac{x_{61u}/mes}{1u/caj} + 0.24 \frac{x_{71u}/mes}{1u/caj} + 0.239 \frac{x_{81u}/mes}{2u/caj} + 0.105 \frac{x_{91u}/mes}{1u/caj} + 0.148 \frac{x_{101u}/mes}{2u/caj} + \\
 &0.1776 \frac{x_{111u}/mes}{1u/caj} + 1.884 \frac{x_{121u}/mes}{1u/caj} + 1.884 \frac{x_{131u}/mes}{1u/caj} + 1.884 \frac{x_{141u}/mes}{1u/caj} + 1.884 \frac{x_{151u}/mes}{1u/caj} + \\
 &1.884 \frac{x_{161u}/mes}{1u/caj} + 0.258 \frac{x_{171u}/mes}{1u/caj} + 0.4346 \frac{x_{181u}/mes}{1u/caj} + 0.258 \frac{x_{191u}/mes}{1u/caj} + 0.258 \frac{x_{201u}/mes}{1u/caj} \leq 1
 \end{aligned}$$

26m²/mes

Fondo de tiempo disponible de la brigada de moldeo en verde y en seco:

$$Ft = Nt * t/d * h/t * d/m * 60 \text{min/h}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{i1} * Nt) \leq Ftdv$$

$$\begin{aligned}
 &14.12x_{11} + 11.42x_{21} + 3x_{31} + 7.44x_{41} + 6.61x_{51} + 3x_{61} + 5.48x_{71} + 17.1x_{81} + 9.33x_{91} + 5x_{111} \\
 &\quad + 11.428x_{121} + 68.5x_{131} + 43.6x_{151} + 68.5x_{161} + 53.58x_{171} + 48x_{181} + 24x_{191} \\
 &\quad + 9.6x_{201} + 17.14x_{211} + 17.14x_{221} \leq 95040 \text{ min/mes}
 \end{aligned}$$

$$Ftdv = 11t * 1 \text{ t/d} * 8h/t * 18d/m * 60 \text{min/h} = 95040 \text{ min/m}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (X_{i2} * Nt) \leq Ftds$$

$$4x_{102} + 68.5x_{142} + 7.47x_{232} + 4x_{242} \leq 60480 \text{ min/mes}$$

$$Ftds = 7t * 1 \text{ t/d} * 8h/t * 18d/m * 60 \text{min/h} = 60480 \text{ min/m}$$

Demanda mínima conjunta.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij})}{\text{coeficiente}} \geq TM_{prom}$$

$$CUETM1 = \frac{1000 \text{ Kg/TM}}{PB \text{ Kg/u}} = \frac{u}{TM}$$

$$\frac{x_{11}}{64} + \frac{x_{21}}{74} + \frac{x_{31}}{74} + \frac{x_{31}}{486} + \frac{x_{41}}{532} + \frac{x_{51}}{162} + \frac{x_{61}}{467} + \frac{x_{71}}{209} + \frac{x_{81}}{719} + \frac{x_{91}}{643} + \frac{x_{101}}{585} + \frac{x_{111}}{719} + \frac{x_{121}}{186} +$$

$$\frac{x_{131}}{448} + \frac{x_{141}}{23} + \frac{x_{151}}{19} + \frac{x_{161}}{17} + \frac{x_{171}}{19} + \frac{x_{181}}{225} + \frac{x_{191}}{51} + \frac{x_{201}}{8} + \frac{x_{211}}{41} + \frac{x_{221}}{43} + \frac{x_{231}}{255} + \frac{x_{241}}{769} \geq 22 \text{ TM/mes}$$

Demanda máxima por tipo de pieza.

$$CUETM1,5 = \frac{1500 \text{ Kg/TM}}{PB \text{ Kg/u}} = \frac{u}{TM}$$

$$(X1) \leq CUETM1,5$$

$$x_{11} \leq 96$$

$$x_{21} \leq 111$$

$$x_{31} \leq 729$$

$$x_{41} \leq 798$$

$$x_{51} \leq 478$$

$$x_{61} \leq 700$$

$$x_{71} \leq 814$$

$$x_{81} \leq 1079$$

$$x_{91} \leq 964$$

X1029978

X11191079

X1219280

X1319672

X142935

X151928

X161925

X171928

X1819338

X191977

X201913

X211961

X221965

X2329382

X24291153

Condición de no negatividad:

$x_{ij} \geq 0$

Fase 5: Ejecución y análisis

Etapa 1: Corrida del modelo.

Se basa en la corrida del modelo mediante la utilización del software de Ingeniería Win QSB utilizando el método de programación lineal entera Branch and Bound.

Etapa 2: Análisis e interpretación de resultados.

Para la ayuda a la toma de decisiones en cuanto a la confección del plan de producción del taller objeto de estudio el método utilizado brinda las siguientes cantidades a realizar por tipo de productos para un volumen de producción de 2972 unidades.

Platillo INT B#55 = 4 u

Cuerpo Llave B#55 = 798 u

Llugo 2 Guías B#55 = 54 u

Base de la B#53 = 962 u

Cabezal de la B#52 = 1 u

Impelente AMS 25-100 = 1153 u

Al analizar las variables de holgura se llega a la conclusión de que no se utilizan la disponibilidad de caja existente de la bomba manual, caja de la Florida, caja de la carcaza, de la 100-400, caja circular redonda, además se dejaron de utilizar 178 cajas de las rectangulares y 948 de las cajas cuadradas, utilizándose la disponibilidad de área al 100% al igual que el volumen de la estufa.

Si se utilizara $1m^2$ de área de moldeo de más se aumentaría el volumen de producción en 0,53 unidades. Para más información ver el Anexo No.15.

3.3 Conclusiones parciales

- El sistema productivo de la entidad objeto de estudio se clasifica como sigue:

Relación Producción-Consumo: Entrega directa sin cobertura en el ciclo de entrega

Forma en que se ejecuta el proceso productivo: por programas de manera irregular o por pedidos

Elemento a optimizar: Ciclo de producción.

- Los principales problemas detectados como resultado de la aplicación del procedimiento son:

Desaprovechamiento de la capacidad del área de moldeo.

Deficiencias en la confección de los planes de producción.

Insatisfacción de los trabajadores debido a la inestabilidad de la remuneración mensual que reciben como resultado de su labor.

En ocasiones presentan problemas con el aseguramiento de materiales e insumos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del proceso en cuanto a cantidad y oportunidad.

Utilización de un carácter empírico para decidir la forma de realización del moldeo de piezas ya sea en seco o en verde.

- A través de la utilización del método de programación lineal entero Branch and Bound, perteneciente al paquete de Software WinQSB, se obtiene la mezcla adecuada de componentes a fabricar en el taller para conseguir el máximo volumen de producción y lograr una remuneración promedio como resultado de las exigencias de los trabajadores.

Conclusiones:

1. En la literatura revisada no se encontró un procedimiento y/o método de planeación de la producción en talleres de fundición.
2. El procedimiento y método empleado actualmente para la elaboración del plan mensual de producción en el taller de fundición Alejandro Arias Medina no permite obtener la mezcla adecuada de piezas a moldear que garantice una estabilidad en la remuneración recibida por los trabajadores como satisfacción por el trabajo que realizan.
3. En el taller objeto de estudio no existe un procedimiento o método de trabajo que garantice la combinación óptima de componentes a elaborar para afrontar las exigencias del entorno del taller.
4. El conjunto de restricciones que limita en mayor medida el aumento del volumen de producción es la capacidad volumétrica de la estufa y la capacidad de área de moldeo en verde.
5. El principal problema detectado a través del diagnóstico de la situación actual de la organización radica en las deficiencias existentes en la confección de los planes de producción.
6. A través de la utilización del método de programación lineal entero Branch and Bound, perteneciente al paquete de Software WinQSB, se obtiene la mezcla adecuada de componentes a fabricar en el taller para conseguir el máximo volumen de producción y lograr una remuneración promedio como resultado de las exigencias de los trabajadores.

Recomendaciones:

1. Usar una mezcla de silicato con una porción de hasta un 20% de azúcar con el objetivo de aliviar la limitante de aumento del volumen de producción debido a la capacidad de estufado, esta ofrece una buena resistencia y rápido enfriamiento.
2. Aumentar el área de moldeo, así como un turno de trabajo para tratar de lograr una igualdad entre la capacidad de moldeo y la capacidad del horno, por lo que se logra un aumento de la utilización del mismo y un aumento considerable del volumen de producción.
3. Actualizar las normas de tiempo existentes, así como realizar un análisis profundo del procedimiento empleado para la determinación de la tarifa de pago por destajo colectivo para entregar a los trabajadores su remuneración.
4. Para la confección final del plan de producción se puede crear una situación compromiso entre la comparación de la solución factible expresada por el modelo y el comportamiento de la demanda en períodos anteriores.

Bibliografía:

1. Acevedo Suárez, J.A. (1986). Proyecto de Organización de las Empresas Industriales. Cuba.
2. Al Hussien, H. (1995). Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas. UCLV, Santa Clara.
3. Alonso Martínez P.U (2002). Sistema de planificación y control del servicio de reparaciones navales de pequeño y mediano porte en la agencia GEOCUBA Caibarién. Tesis de maestría de Ingeniero Industrial en la mención producción.
4. Arana Pérez, P. & Ochoa Laburu, C. (1991). Criterios para evaluar técnica y económicamente la aplicación del sistema de mejora de gestión de la producción, Ed. Estudios Empresariales, #85, pp. 39-45. España.
5. Archier, G & Seryex, H. (1984). L' enterprice du troisieme type. Citado en "Teoría de los cinco ceros", CIM World, n°. 6, abril-mayo, 1988, pp. 43-45.
6. Asencio, J. & Kalifa, K. (1994). Metodología para la toma de decisiones en un entorno competitivo en los modelos de producción - transporte. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara. Informe de investigación terminada.
7. Asencio García, J. (1994). Las funciones multiobjetivos en los sistemas de ayuda a la decisión. VII Congreso Latino - Americano de Investigación de Operaciones e Ingeniería de Sistemas. Santiago de Chile.
8. Ballou, H. R. (1991). La logística empresarial, control y planificación, Ed. Díaz de Santos, pp. 1-24 y 307-337, Madrid.
9. Barba-Romero, S., Pomerol, J (1997). Decisiones Multicriterio. Fundamentos Teóricos y utilización practica. Madrid: Universidad de Alcalá, 1997, 420p.
10. Chase, R. B. y Aquilano, N. J (1991). Dirección y administración de la producción. Times Mirror de España S.A.
11. Company Pascual, R y Fonollasai Guandiet, J.B. (1989). Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT, Ed. Marcombo S.A. Barcelona.

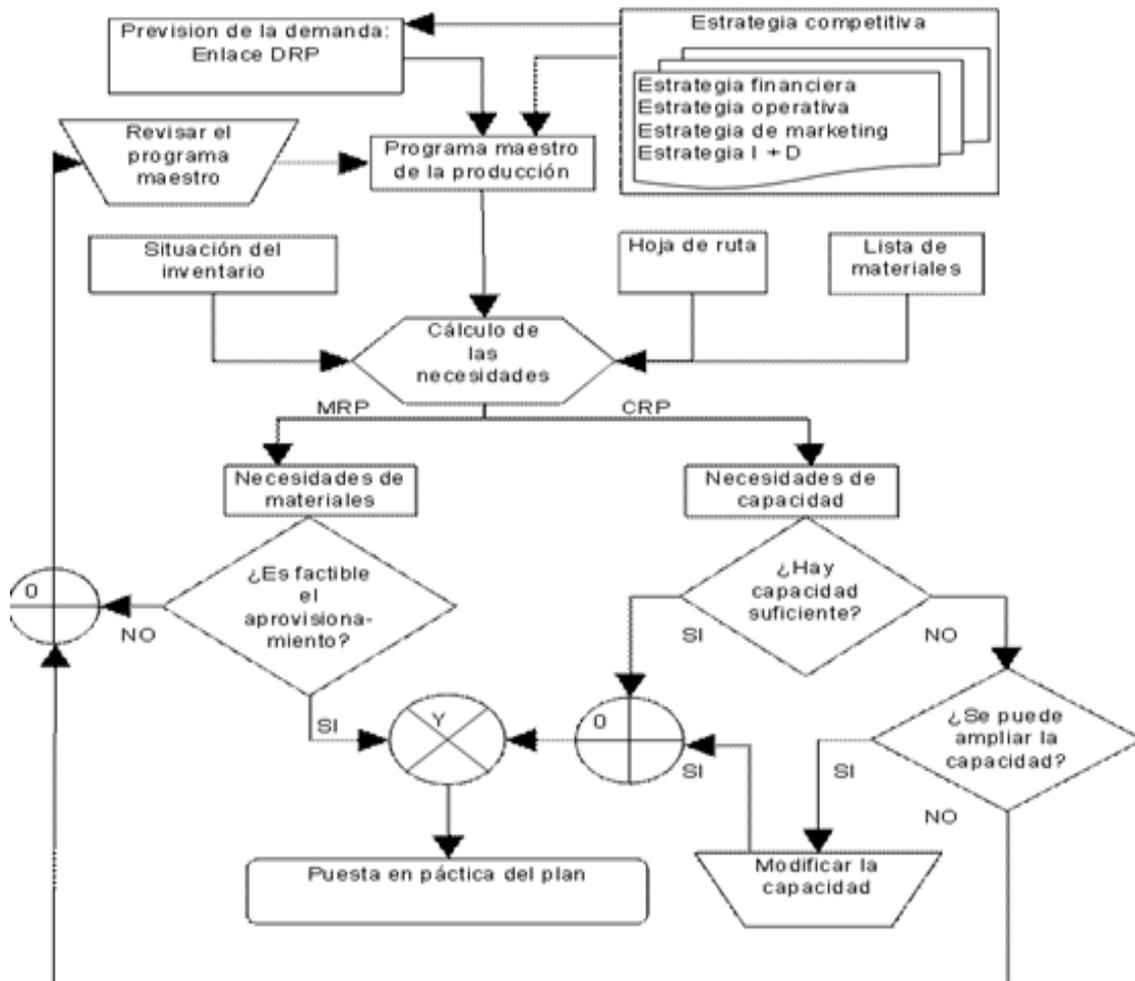
12. Díaz, A. (1993). Producción: Gestión y Control, Ed. Ariel Economía S.A. Barcelona.
13. Fundora Miranda, A. (1987). Organización y planificación de la producción. Tomo II. Ed. ISPJAE, Ciudad de la Habana.
14. Gomes, L. F. A. M. & Duarte, A. (1991). Una evaluación de proyectos con múltiples criterios. Produção. Vol. 2, no. 1, p 5-19.
15. Hanpton, D. R (1983). Administración contemporánea, Ed. McGraw-Hill, México.
16. Hax, A (1983). Dirección de operaciones, Ed. Hispano Europea.
17. Hillier, F. H & Lieberman, G. J. (2001). Investigación de Operaciones. Ed. McGraw-Hill Interamericana. México.
18. Machuca, J.A.D y otros (1995). Dirección de operaciones aspectos estratégicos en la producción y los servicios, Ed. Mc Graw- Hill. México.
19. Machuca, J.A.D y otros (1995). Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios, Ed. Mc Graw- Hill. México.
20. (M.Asio: Miguel Garay y Manuel Ramírez, 1988: Introducción a los sistemas automatizados de dirección, p.16.)
21. Marrero Delgado, F., Asencio, J. & Abreu, R. (2000 |a|). Herramientas gerenciales para la toma de decisiones. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua. 79p. *Monografía*.
22. Marrero Delgado, F., Asencio, J. & Abreu, R. (2000 |b|). Investigación de operaciones. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua. 80p. *Monografía*.
23. Maynard, H. B. (1984). Manual de Ingeniería y Organización Industrial. Ed. ENPES, Ciudad de La Habana.
24. Meal, H (1983). Las decisiones de producción han de tomarse en el momento oportuno, Harvard Deusto Bussiness Review, N° 19, USA.
25. Mihalyfi P (1966). Proyección y desarrollo de fábricas. Ed Universitaria, La Habana Cuba. 277p.
26. Monks J. G. (1991). Administración de operaciones. México. Editorial Mac Graw Hill de México S.A.

27. Ochoa Laburu, C (1991). Comparación entre las diferentes sistemáticas de planificación control de producción, Ed. Revista Mantenimiento y almacenaje, pp54-59. Barcelona.
28. Render, B. & Heizer, J. (1996). Principios de administración de operaciones. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. México.
29. Romero, C. (1993). Proceso de toma de decisiones: conceptos, técnicas y aplicaciones. Alianza Editorial, Madrid.
30. Ronen, B. & Pass, S. (1992). Manufacturing management information systems require simplification. Industrial Engineering, Vol. 24, N^o 2, pp. 50-53, USA.
31. Salvendy, G. (1990). Handbook of Industrial Engineering. Ed. ENPES, Ciudad de La Habana.
32. Santana Baquet Y. (2009) Propuesta del Sistema de Planificación de la Producción en el CAI Arrocero "Sur del Jíbaro
33. Schroder, R (1988). Administración de Operaciones. 3a. Edición. Mc Graw Hill.
34. Vollman, T.E y Otros. (1991). Sistemas de Planificación y Control de la Fabricación. Ed. Tecnología de Gerencia y Producción. S.A. España.
35. Vollmann, T. E. et al. (2000). Sistema de Planificación y Control de la Fabricación. Ed. McGraw-Hill. México.

Anexos:

Anexo No.1: Esquema del sistema MRP I.

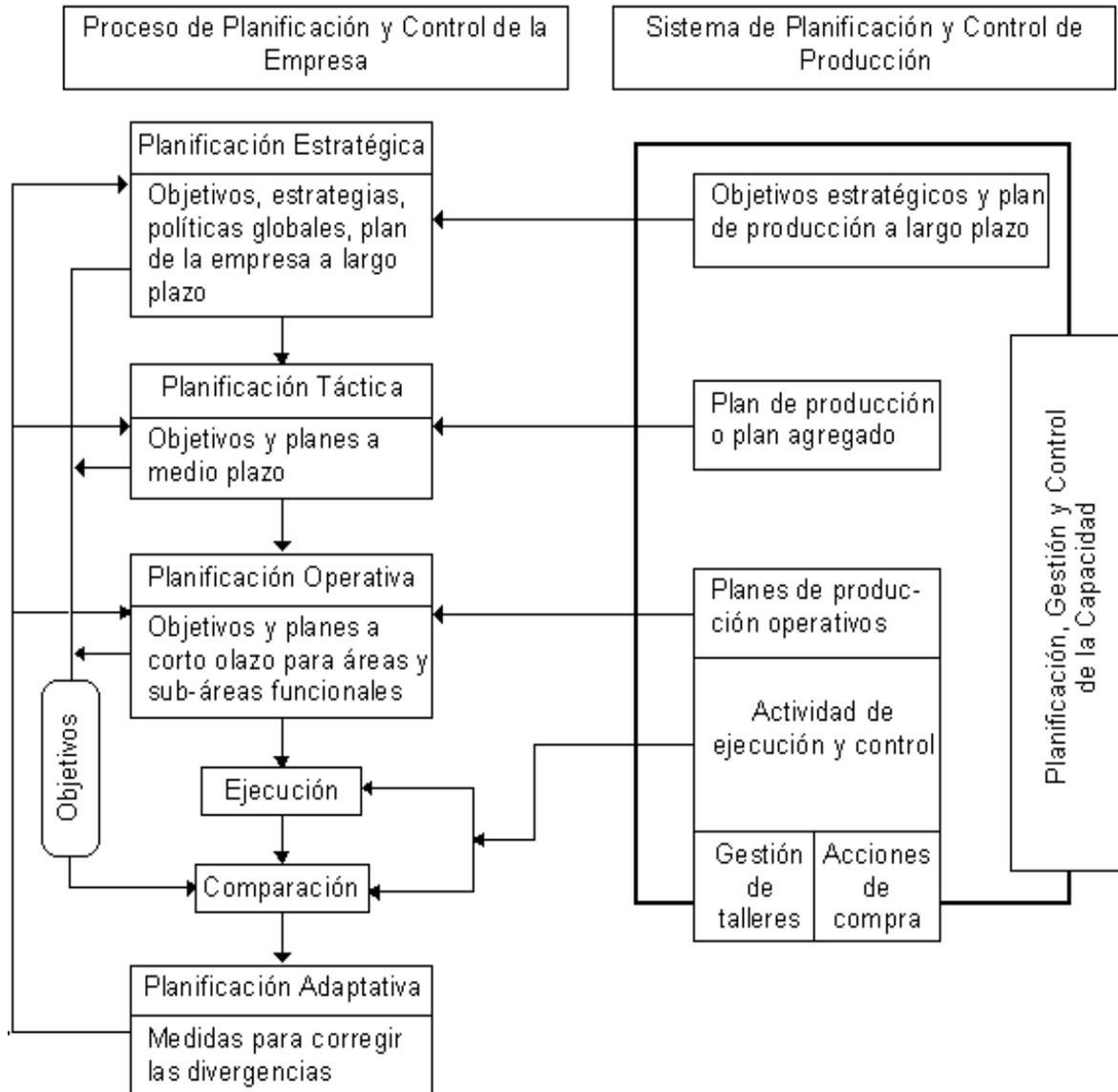


Anexo No.2. Esquema del sistema MRP II.


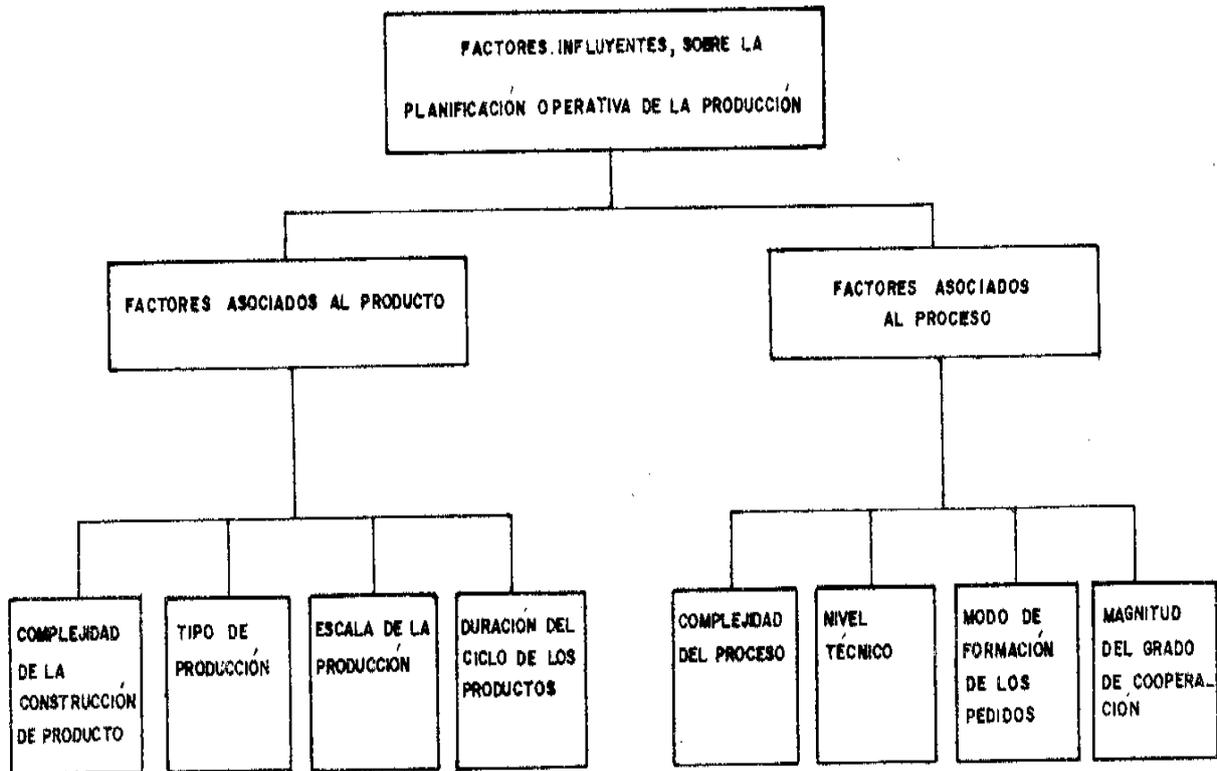
Anexo No.3: Diferencias entre los sistemas MRP I y MRP II.

MRP I:	MRP II:
Planifica las necesidades de aprovisionarse de materia prima (programar inventarios y producción).	Planifica la capacidad de recursos de la empresa y control de otros departamentos de la empresa.
Basado en el plan maestro de producción, como principal elemento	Basado como principal punto de apoyo en la demanda, y estudios de mercado.
Sólo abarca la producción.	Abarca mas departamentos, no sólo producción si no también el de compras, calidad, financiero.
Surge de la práctica y la experiencia de la empresa (no es un método sofisticado)	Surge del estudio del comportamiento de las empresas (método sofisticado)
Sistema abierto	Permite la mejora continua en cuanto a la calidad de los productos para, en caso de error replanificar la producción, mejor adaptación a la demanda de mercado y mejor productividad.

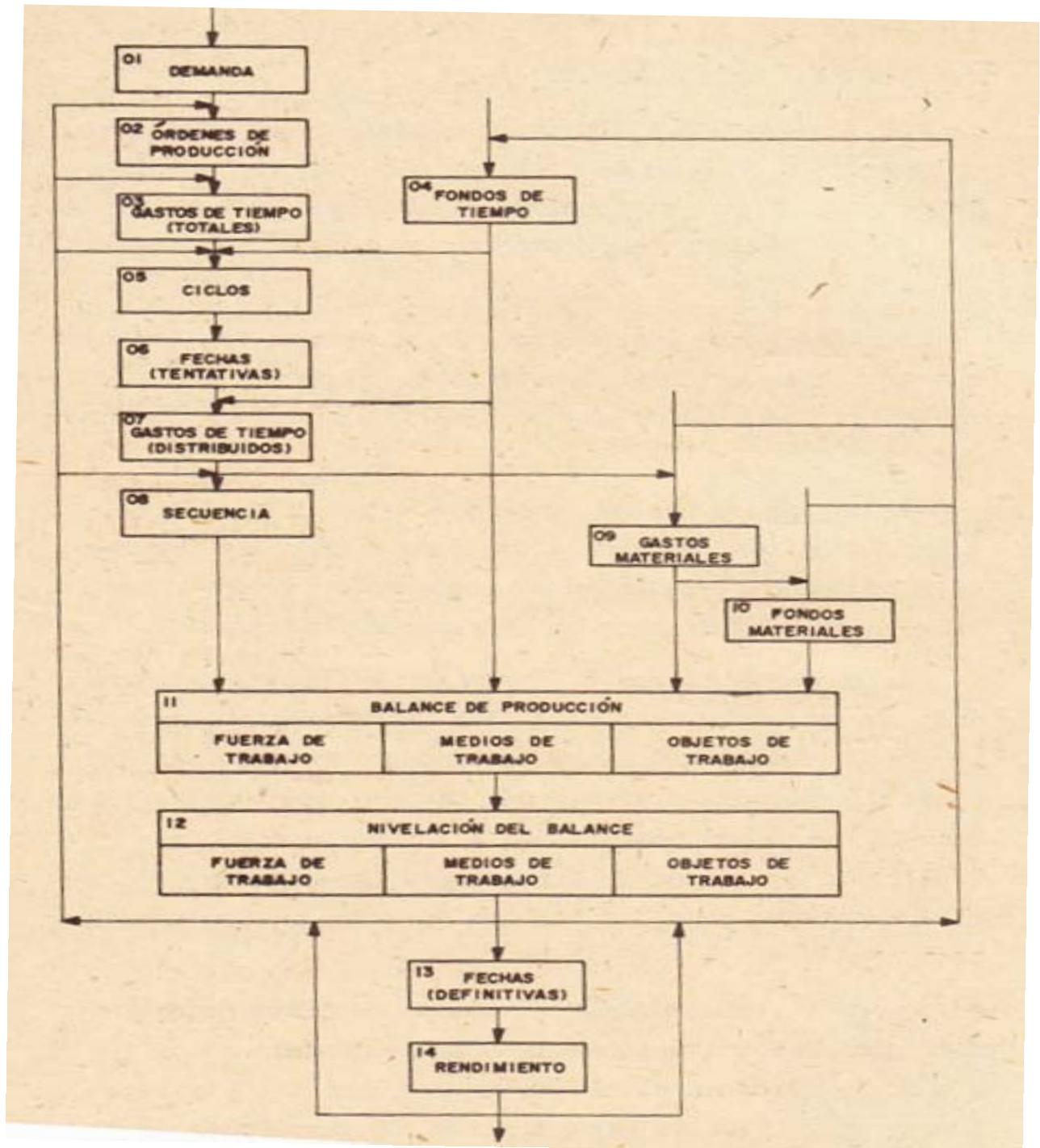
Anexo No.4: Correspondencia entre la planificación y control en el conjunto de la empresa y el subsistema de producción.



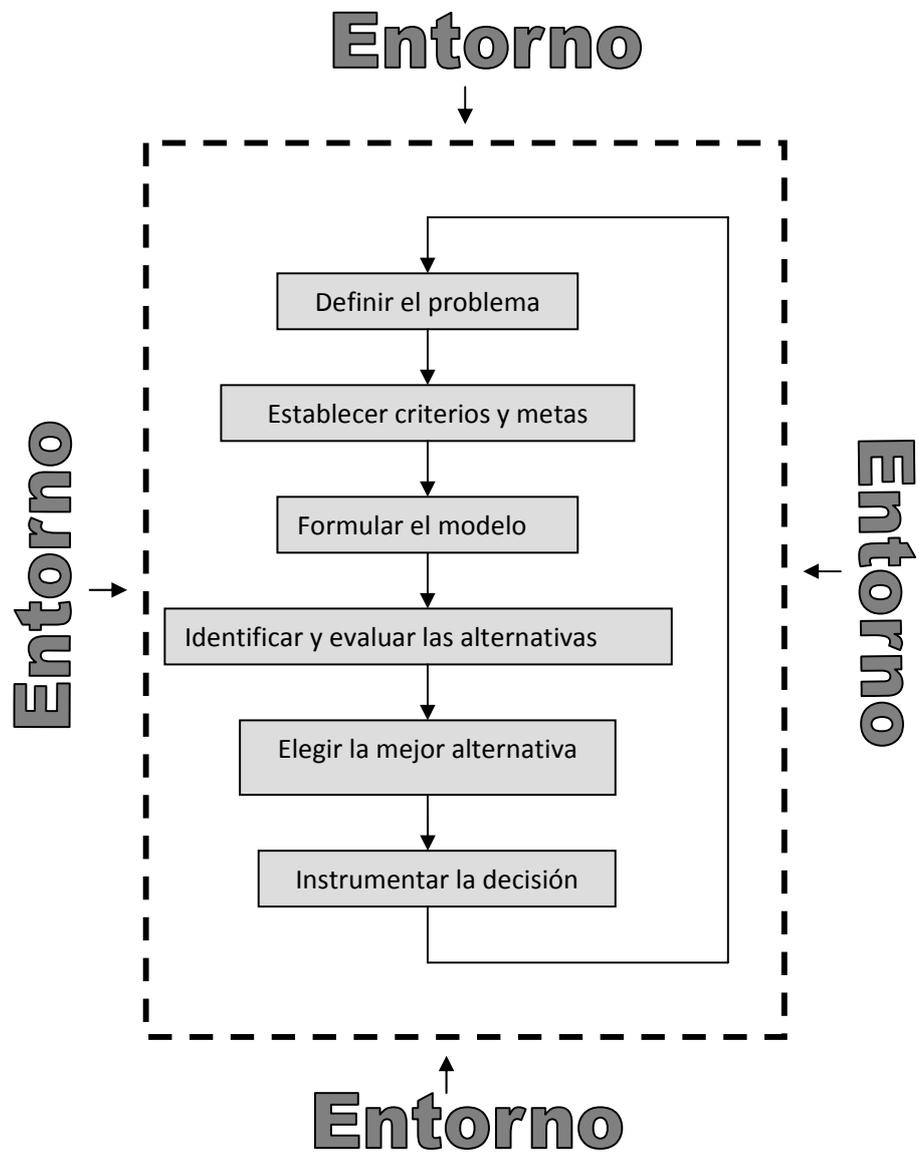
Anexo No.5: Factores que influyen en las características de la Planificación Operativa de la producción.



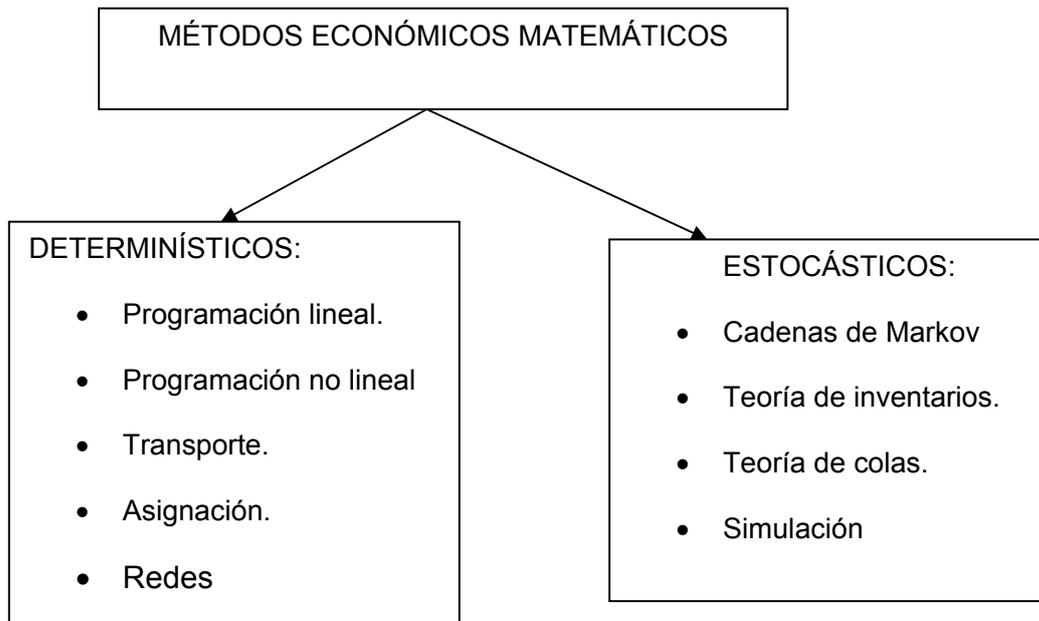
Anexo No.6: Elementos de cada sistema de la planificación a corto plazo.



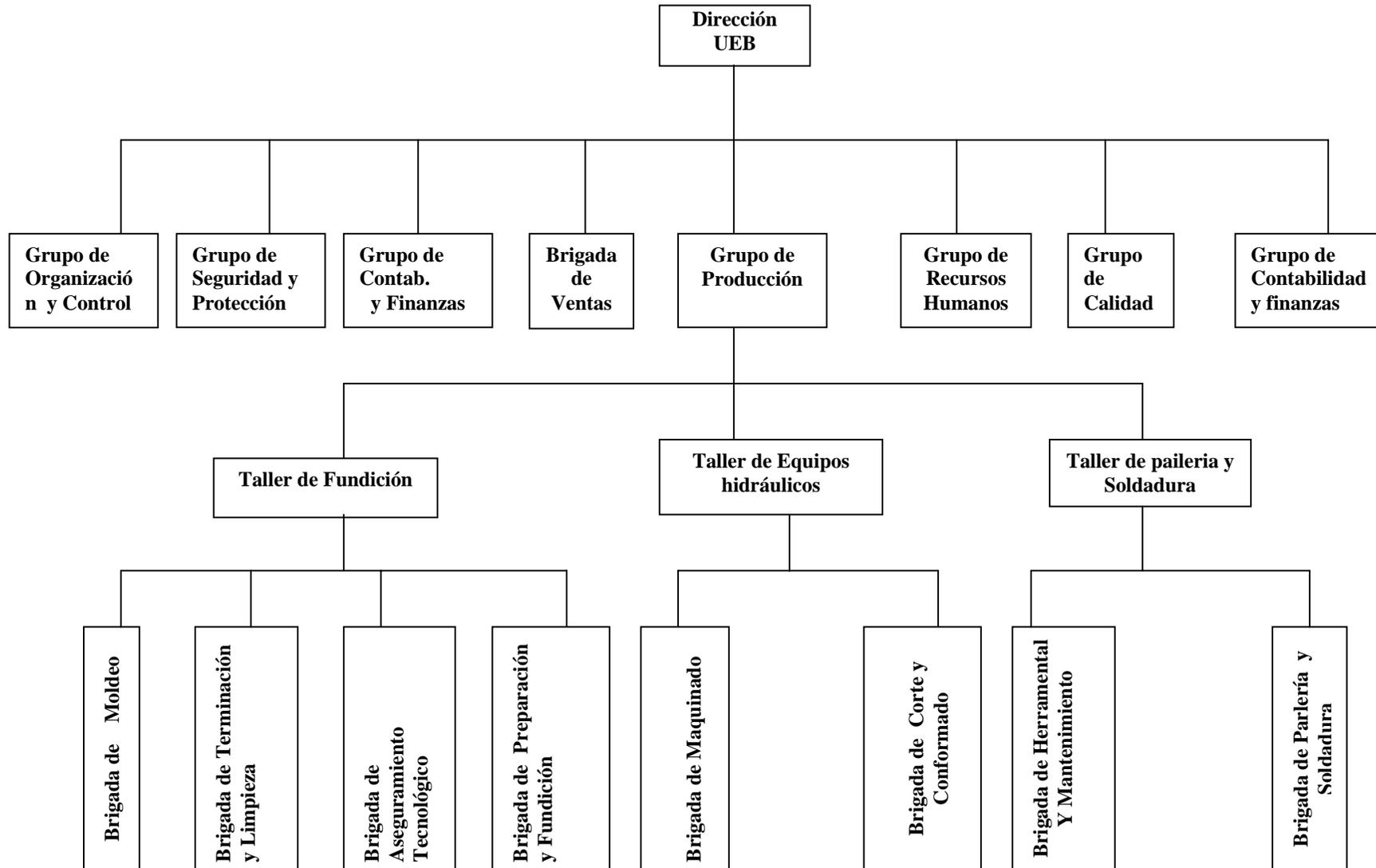
Anexo No.7: Proceso de toma de decisiones.



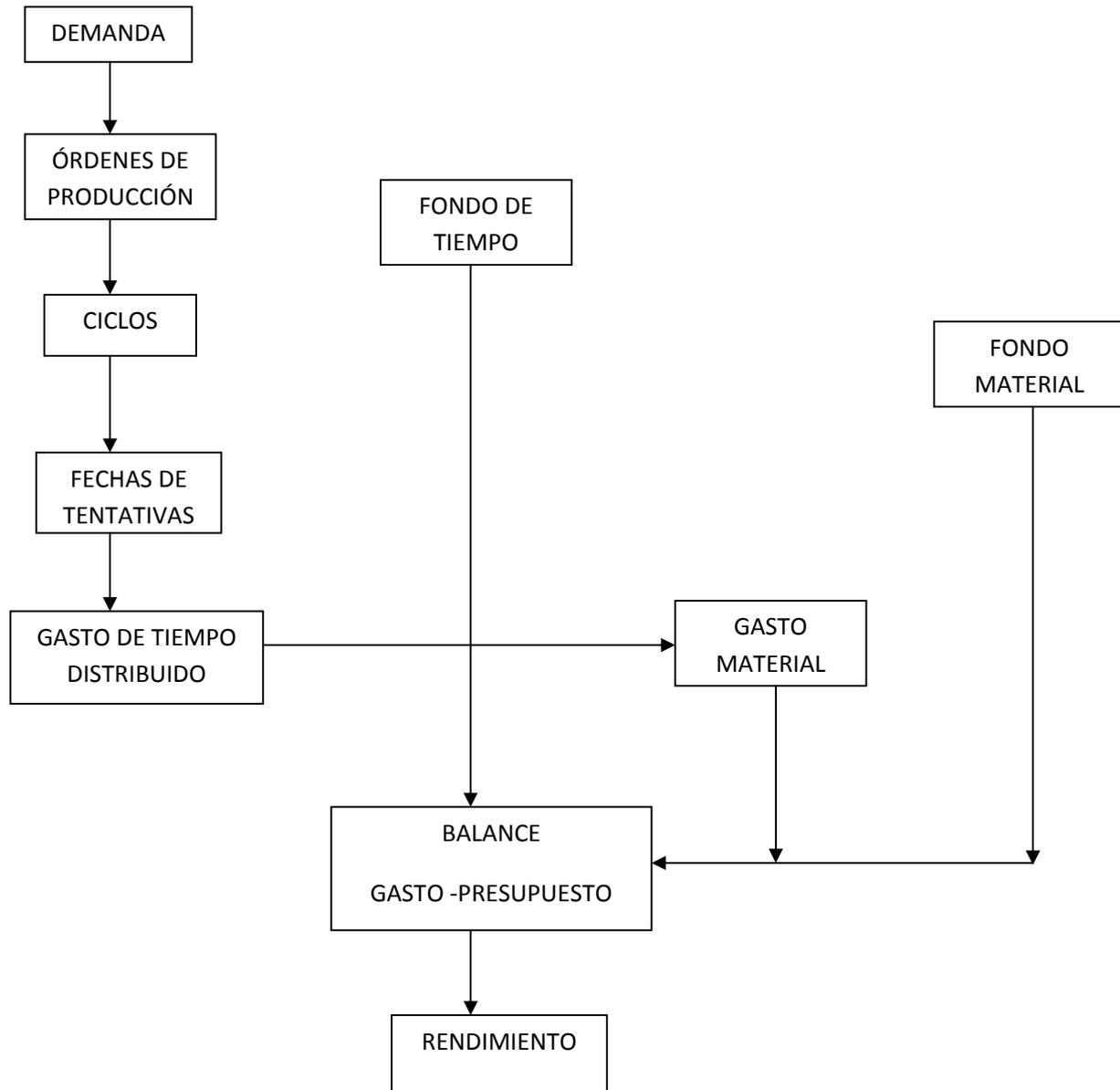
Anexo No.8: Técnicas de MEM.



Anexo No. 9: Estructura organizativa de la UEB "Alejandro Arias Medina".



Anexo No.10: Elementos del sistema de planificación a corto plazo del taller de fundición.



Anexo No.11: Encuesta a aplicar para la detección de los principales problemas que afectan la Gestión Productiva.

El objetivo de la presente encuesta está dirigido a obtener de usted los principales problemas que vinculados al área de producción, existen en el ámbito donde labora. Por ello requerimos que le conceda la importancia que dicha investigación persigue, con vistas a que sean solucionadas las dificultades y con ello se obtenga una mejora significativa en el taller.

1. Marque con una "X" su categoría ocupacional:

Dirigente ____ Técnico ____ Administrativo ____ Obrero ____

2. Conoce la capacidad de producción del área por la cual responde:

Si ____ No ____

En caso afirmativo especifique la cuantía incluyendo el período de tiempo considerado_____

3. Conoce la producción real obtenida en diferentes períodos de tiempo, del área por la cual responde:

Si ____ No ____

En caso afirmativo especifique:

a) La cuantía incluyendo el período de tiempo considerado_____.

b) El tiempo necesario para obtener esa información _____.

4. Considera posible dar una respuesta al cliente, sobre la situación de su pedido.

Si ____ No ____

En caso afirmativo, especifique el tiempo que demora en dar dicha respuesta_____

5. Conoce el tiempo que demora una unidad de producto en ser procesado, teniendo todos los materiales disponibles?

Si ____ No ____

En caso afirmativo, especifique la cuantía para algún tipo de producto:

6. Considera que cumple los plazos de entrega a su cliente inmediato?

Si _____ No _____

En caso afirmativo, especifique el plazo: _____

7. Conoce los recursos críticos que intervienen en la elaboración de una unidad de producto o en la actividad que realiza?

Si _____ No _____

En caso afirmativo, especifique tres de estos recursos: _____

8. Considera que determinados pedidos urgentes desordenan su trabajo y le impiden cumplir con otros clientes?

Si _____ No _____

En caso afirmativo especifique si es: Frecuente _____ Poco Frecuente _____

9. Conoce el valor de los inventarios acumulados en la organización?

Si _____ No _____

En caso afirmativo especifique su cuantía: _____

10. Conoce el valor mínimo de los inventarios necesarios para que funcione la organización?

Si _____ No _____

En caso afirmativo especifique su cuantía: _____

11. Conoce con antelación la tarea diaria que realiza?

Si _____ No _____

En caso afirmativo especifique el plazo de antelación: _____

12. Existen afectaciones en la producción, provocadas por la forma en que está organizada la actividad de mantenimiento?

Si _____ No _____

En caso afirmativo, ponga un ejemplo: _____

Anexo No.12: Entrevista realizada a los expertos.

De los siguientes problemas internos detectados en la organización, seleccione de ellos los que usted considere que afectan mayormente el desarrollo del taller de fundición perteneciente a la UEB Alejandro Arias. Enumere del 1 al 5 donde (1es el que más afecta).

- 1) Desaprovechamiento de la capacidad del área de moldeo.
- 2) Deficiencias en la confección de los planes de producción.
- 3) Insatisfacción de los trabajadores debido a la inestabilidad de la remuneración mensual que reciben como resultado de su labor.
- 4) En ocasiones presentan problemas con el aseguramiento de materiales e insumos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del proceso en cuanto a cantidad y oportunidad.
- 5) Utilización de un carácter empírico para decidir la forma de realización del moldeo de piezas ya sea en seco o en verde.

Anexo No.13: Criterio establecido por los expertos.

Problemas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	$\sum A_{ij}$	D	D ²
1	2	3	3	4	3	2	3	1	1	22	-5	25
2	1	2	1	1	1	3	1	4	2	16	-11	121
3	3	1	2	2	2	4	2	2	3	21	-6	36
4	5	5	4	5	4	5	5	3	5	41	14	196
5	4	4	5	3	5	1	4	5	4	35	8	64
total										$\sum 135$		$\sum 442$

Anexo No. 14: Recopilación de la información correspondiente al mes de abril.

COD.	DENOMONACIÓN DE LA PIEZA	PESO NETO	PESO BRUTO	TOTAL PIESAS FUND.	TIPO DE MOLDEO	RANGO DE PESO BRUTO	TIPO DE CAJA PARA SU ELABORACIÓN	NÚMERO DE PIEZAS POR CAJA	CAJAS DISPONIBLES	NT (MIN)	TIEMPO DE ESTUFADO (MIN)
1	CUERPO B#55	12.33	15.57	100	VERDE	11-20.99	BOMBA MANUAL	1	20	14.12	
2	BASE B#55	10.55	13.5	100	VERDE	11-20.99	BOMBA MANUAL	1	20	11.42	
3	PLATILLO INT B#55	1.62	2.056	160	VERDE	0.10-3.99	RECTANG PEQUEÑA	2	30	3	
4	CUERPO LLAV B#55	1.523	1.879	840	VERDE	0.10-3.99	CUADRADA PEQUEÑA	1	300	7.44	
5	YUGO 2 GUIAS B#55	2.27	3.17	850	VERDE	0.10-3.99	CUADRADA PEQUEÑA	1	300	6.61	
6	TENEDOR B#55	1.75	2.141	210	VERDE	0.10-3.99	RECTANG PEQUEÑA	2	30	3	
7	CABEZAL B#55	3.7	4.77	420	VERDE	4-10.99	RECTANG PEQUEÑA	1	30	5.48	
8	PALANCA B # 52	1.12	1.39	420	VERDE	4-10.99	DESARMABLE GRANDE	2	1	17.1	
9	BASE B#53	3.45	4.555	200	VERDE	0.10-3.99	DESARMABLE CHIQUITA	1	1	9.33	
10	CABEZAL B # 52	1.34	1.707	200	SECO	0.10-3.99				8	2.5
11	PALANCA B # 52	1.12	1.39	200	VERDE	0.10-3.99	DEARMABLE MEDIANA	1	1	5	
12	CUERPO B # 52	4.25	5.35	200	VERDE	4-10.99	FLORIDA	1	46	11.42	
13	PRENSA EST.100-400	1.82	2.23	70	VERDE	0.10-3.99	CIRCULAR O REDONDA	1	20	68.5	
14	IMPELENTE 100-400	30.4	42.59	50	SECO	21-49.99				68.5	22.5
15	TAPA DE SUC.100-400	43	52.35	50	VERDE	50-99.99	CIRCULAR O REDONDA	1	20	43.6	
16	TAPA PRENSE 100-400	48.5	58.7	50	VERDE	50-99.99	CIRCULAR O REDONDA	1	20	68.5	
17	EMTREDOS 100-400	43	52.35	50	VERDE	50-99.99	CIRCULAR O REDONDA	1	20	53.18	
18	TAPA TRASERA 100-400	3.63	4.43	80	VERDE	4-10.99	CIRCULAR O REDONDA	1	20	48	
19	CAJA DE ROD. 100-400	15.91	19.39	80	VERDE	11-20.99	CUADRADA CARCAZA	1	42	24	
20	CUERPO 100-400	91.2	111.7	20	VERDE	100-250	100-400	1	20	9.6	
21	CUERPO 65-160 S/S	21	24.38	10	VERDE	21-49.99	CUADRADA CARCAZA	1	42	17.14	
22	CUERPO 40-200 S/S	17.75	22.79	10	VERDE	21-49.99	CUADRADA CARCAZA	1	42	17.14	
23	CUERPO AMS 25-100	3.64	3.92	50	SECO	0.10-3.99				7.47	3.4
24	IMPE. AMS 25-100	1.07	1.3	500	SECO	0.10-3.99				8	2

Anexo No. 15: Resultado del procesamiento de los datos mediante el Software WIN QSB.

	22:25:06		Wednesday	May	26	2010
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X11	0	1.0000	0	1.0000	at bound
2	X21	0	1.0000	0	1.0000	at bound
3	X31	4.0000	1.0000	4.0000	1.0000	at bound
4	X41	798.0000	1.0000	798.0000	0	basic
5	X51	54.0000	1.0000	54.0000	1.0000	at bound
6	X61	0	1.0000	0	1.0000	at bound
7	X71	0	1.0000	0	1.0000	at bound
8	X81	0	1.0000	0	1.0000	at bound
9	X91	962.0000	1.0000	962.0000	0	basic
10	X102	1.0000	1.0000	1.0000	0	basic
11	X111	0	1.0000	0	1.0000	at bound
12	X121	0	1.0000	0	1.0000	at bound
13	X131	0.0100	1.0000	0.0100	0	basic
14	X142	0	1.0000	0	0	at bound
15	X151	0	1.0000	0	0	at bound
16	X161	0	1.0000	0	0	at bound
17	X171	0	1.0000	0	0	at bound
18	X181	0	1.0000	0	0	at bound
19	X191	0	1.0000	0	1.0000	at bound
20	X201	0	1.0000	0	1.0000	at bound
21	X211	0	1.0000	0	1.0000	at bound
22	X221	0	1.0000	0	1.0000	at bound
23	X232	0	1.0000	0	0	at bound
24	X242	1,153.0000	1.0000	1,153.0000	0	basic
	Objective	Function	(Max.) =	2,972.0100		

Anexo No.15: (Continuación).

	22:25:06		Wednesday	May	26	2010
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price
1	DISP.CAJAS	0	<=	120.0000	120.0000	0
2	DISP.CAJA RECTANGULAR	2.0000	<=	180.0000	178.0000	0
3	DISP.CAJA CUADRADA	852.0000	<=	1,800.0000	948.0000	0
4	DISP.CAJA FLORIDA	0	<=	276.0000	276.0000	0
5	DISP.CAJACIRCULAR REDONDA	0.0100	<=	120.0000	119.9900	0
6	DISP.CAJACARCAZA	0	<=	276.0000	276.0000	0
7	DISP.CAJA 100-400	0	<=	120.0000	120.0000	0
8	VOLUMEN DE PROD.ESTUFA	1.0000	<=	1.0000	0	1.0000
9	CAP.PROD.MOLDEO	7,561.3850	<=	30,000.0000	22,438.6200	0
10	DISP.AREA	200.0000	<=	200.0000	0	0.5308
11	DISP.TIEMPO DE ESTUFADO	1,154.0000	<=	8,640.0000	7,486.0000	0
12	FODO.TIEMPO.BIRG.SECO	9,232.0000	<=	60,480.0000	51,248.0000	0
13	FONDO.TIEMPO.BRIG.VERDE	15,282.2000	<=	95,040.0000	79,757.8000	0
14	DEM.MIN.CONJUNTA	2,972.0100	>=	22.8000	2,949.2100	0
15	DEM.MIN.X1	0	<=	96.0000	96.0000	0
16	DEM.MIN.X2	0	<=	111.0000	111.0000	0
17	DEM.X3	4.0000	<=	729.0000	725.0000	0
18	C19	798.0000	<=	798.0000	0	0.9386
19	C20	54.0000	<=	473.0000	419.0000	0
20	C21	0	<=	700.0000	700.0000	0
21	C22	0	<=	314.0000	314.0000	0
22	C23	0	<=	1,079.0000	1,079.0000	0
23	C24	962.0000	<=	964.0000	2.0000	0
24	C25	1.0000	<=	878.0000	877.0000	0
25	C26	0	<=	1,079.0000	1,079.0000	0
26	C27	0	<=	280.0000	280.0000	0
27	C28	0.0100	<=	672.0000	671.9900	0
28	C29	0	<=	35.0000	35.0000	0
29	C30	0	<=	28.0000	28.0000	0
30	C31	0	<=	25.0000	25.0000	0
31	C32	0	<=	28.0000	28.0000	0
32	C33	0	<=	338.0000	338.0000	0
33	C34	0	<=	77.0000	77.0000	0
34	C35	0	<=	13.0000	13.0000	0
35	C36	0	<=	61.0000	61.0000	0
36	C37	0	<=	65.0000	65.0000	0
37	C38	0	<=	382.0000	382.0000	0
38	C39	1,153.0000	<=	1,153.0000	0	1.0000