



CAPÍTULO 2: Descripción de la empresa y proceso

En este capítulo, se procederá a describir el proceso de producción de una empresa del sector aeronáutico, se medirá su eficiencia para destacar los criterios de selección y posteriormente usarlos para la construcción del modelo AHP (ver capítulo 4).

2.1 Introducción.

La fabricación aeronáutica, al igual que otras empresas de la industria, precisa procesos escritos donde se indiquen los trabajos que hay que realizar y cuál es la secuencia de ejecución de los mismos.

Las OCT's (Organización Científica del Trabajo) dependiente del departamento de Ingeniería, tienen como principal misión, crear las secuencias lógicas en las que han de realizarse las fabricaciones, montajes, instalaciones, pruebas funcionales, y otros. Para ello los trabajos se realizan con Órdenes de Producción, las cuales se dividen en Operaciones.

2.2 Organización de la empresa

2.2.1 Entradas y/o requerimientos.

Cuando se recibe el encargo de un avión, el departamento comercial, previamente ha ofrecido los productos con las distintas configuraciones y equipamientos. Pero no en todos los casos satisfacen las necesidades o expectativas del cliente.

Una vez conocidos los requerimientos del cliente, considerados también como entradas, es necesario llevarlos al diseño (dibujarlos). Los nuevos diseños o cambios en diseños existentes, se controlan con modificaciones.

Tras el establecimiento de las modificaciones recogiendo los requerimientos de nuestro cliente, será necesaria la fabricación de los elementos, conjuntos o compra de accesorios. Ver (Figura: Organización de la empresa) flujo grama de entrada de requerimientos hasta llevarlos a producción:



ÓRDENES DE PRODUCCIÓN

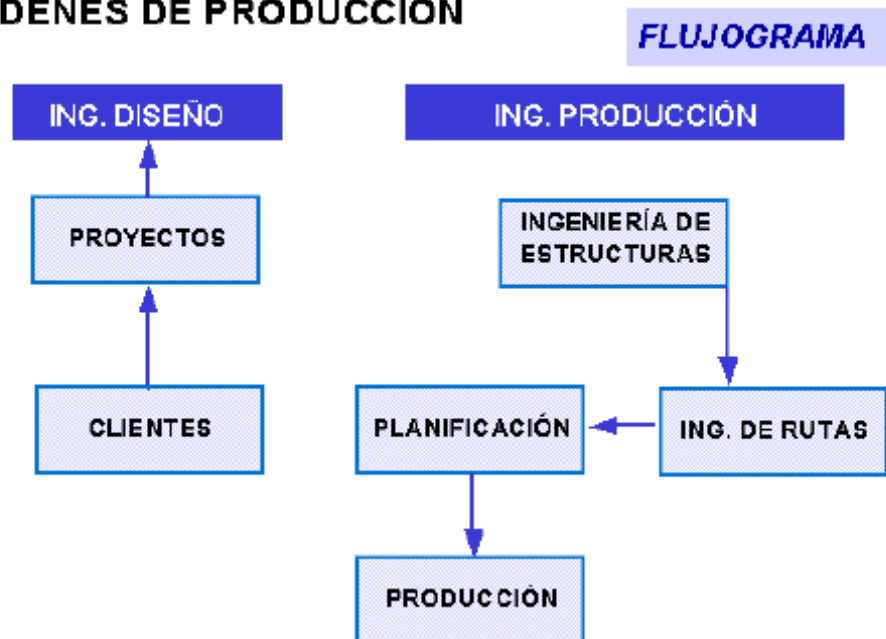


Figura 2.1: Organización de la empresa

2.2.2 Funciones de ingeniería de diseño (proyectos)

Como ya hemos comentado es el departamento de proyectos el receptor de los requerimientos del cliente y a su vez el encargado de diseñar, basándose en esos requerimientos.

Los nuevos dibujos o los cambios realizados a los ya existentes, se controlan mediante Nº de Modificación (Ver Anexo 1), a las cuales va ligada una efectividad, ya que estos cambios pueden no ser aplicables a otros aviones o clientes.

Una vez dibujados han de ser aprobados por las autoridades competentes, es decir por el INTA (Instituto Nacional de Técnicas Aeronáuticas) en el caso de aviones con licencia militar o la DGAC (Dirección General de Aviación Civil) para los aviones con licencia civil.

Ha de tenerse en cuenta que para obtener el certificado para vuelo de un avión, una vez fabricado, antes debe ser aprobado su diseño por los organismos oficiales anteriormente mencionados.



2.2.3 Funciones de ingeniería de producción.

Corresponde a Ingeniería de Producción la responsabilidad de hacer que los elementos diseñados por Ingeniería de Diseño, sean fabricados y montados en los aviones para los cuales son aplicables o efectivos.

El proceso que sigue es el siguiente:

- Recibe la modificación de Proyectos.
- Analiza su contenido y valora la posibilidad de fabricación o crea los requerimientos para compra en el caso de elementos de compra.
- Establece las órdenes de Producción necesarias para poder fabricar y montar los elementos diseñados.

2.2.4 Orden de producción.

Ingeniería de Producción es el departamento de unión entre Proyectos y Producción (el taller). Este nexo se establece por la función que tiene encomendada el establecimiento y mantenimiento de las Órdenes de Producción.

La Orden de Producción es el documento que sirve de comunicación entre la Ingeniería de Producción y el Taller. En él se indica “CÓMO se hace el proceso”, “con QUÉ medios”, “en CUÁNTO tiempo” y “CUÁNTAS personas han de intervenir” en la fabricación del producto por parte del taller que lo realiza.

La orden de producción tiene partes claramente diferenciadas:

- Ruta de Fabricación.
- Estructura.

Las órdenes de producción han de estar firmadas, fechadas y selladas por el personal que las ha realizado y por quien las ha comprobado, para evidenciar su realización.

2.2.5 Ruta de fabricación.

Podemos entender la ruta de fabricación como el conjunto de operaciones necesarias para obtener un determinado componente aeronáutico. Debe contener toda la información necesaria para su correcta ejecución.

Si la ruta es el conjunto de operaciones, la operación es “el conjunto de acciones realizadas en una máquina o lugar físico de trabajo, como unidad elemental de trabajo, controlable y valorable como tal unidad.



La ruta queda configurada como el conjunto de operaciones asociada a una parte, bien sea la fabricación de una elemental, conjunto, instalación o realización de una prueba funcional. La ruta específica:

- El camino o secuencia que ha de seguirse en la fabricación.
- El trabajo a realizar (operaciones).
- Los medios auxiliares (útiles) que han de emplearse.
 - La documentación necesaria para realizar el trabajo (Planos, Instrucciones de Trabajo, Instrucciones de Verificación, Pruebas Funcionales, Especificaciones y otros documentos).
 - Instrucciones detalladas de cómo realizar el proceso.
 - La valoración en unidad de tiempo de cada operación con el número de personas necesarias. (Ver Fig. 2.2)

2.2.6 Estructura.

Con el establecimiento de la modificación por parte de Proyectos (con un nuevo diseño o cambio de uno ya existente), se genera una serie de partes o elementos que han de ser fabricados o provisionados si son partes de compra.

La Ingeniería de Producción, tiene que pedir en la orden de producción la fabricación, o montaje de los mismos, así como de las normas o especificaciones aplicables.

Denominamos estructura a “la relación o lista de todos los componentes (elementales, subconjuntos, conjuntos, accesorios, normales) de acuerdo con la documentación creada por Proyectos (Diseño y Cálculo), además de la relación o lista de los planos, normas, especificaciones, útiles, instrucciones de verificación, memoria de control, instrucciones de trabajo, pruebas funcionales y otros documentos” (Ver Fig. 2.2).



ÓRDENES DE PRODUCCIÓN

Todo proceso de fabricación está formado por dos documentos:



Figura 2.2: Ruta y estructura

En la fabricación y montaje de productos aeronáuticos, como puede ocurrir en empresas de otras actividades, no se fabrican los productos para ventas a corto plazo de tiempo.

Los productos que se compran o fabrican tienen un destino final conocido previamente y han de estar disponibles para su uso o montaje en una fecha concreta.

Debemos tener en cuenta que antes de, por ejemplo, montar un tubo de la instalación de combustible directamente en el avión, es necesario comprar el material del tubo, los terminales de interconexión y otros elementos o materia prima necesaria.

Para fabricar el tubo que vamos a montar, tenemos que aprovisionar materia prima y las normales para fabricarlo.

La compra de los materiales se debe realizar teniendo en cuenta factores como:

- Cantidad de elementos a fabricar.
- Cantidad de elementos en existencias en almacén.
- Fecha de necesidad de los elementos.

2.2.7 Planificación.

Podemos decir que planificar es prever en el tiempo la necesidad o necesidades que vamos a tener de un elemento, una herramienta o los recursos humanos necesarios para realizar una actividad y que esté terminada en una fecha determinada.

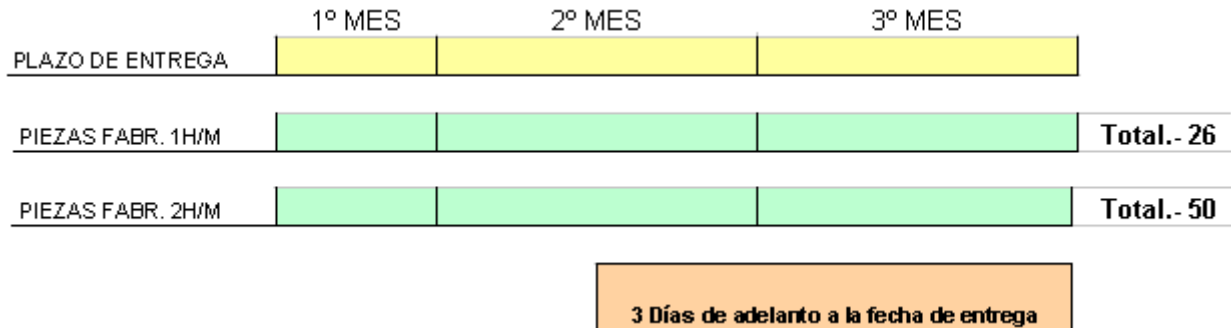


Figura 2.3: Planificación de fabricación de piezas en horas/máquinas

Pero la planificación de la fabricación de un avión, componentes mayores o repuestos, dado el largo tiempo de ejecución de todos los trabajos respecto al corto tiempo que nuestros clientes pueden hacer demanda de nuestros productos, necesita tener una estructura que sea capaz de poner los elementos requeridos en el momento que sean precisados.

Esto se consigue mediante una política de planificación y fabricación basada en las efectividades de las órdenes de producción o elementos que las componen. (Ver Fig.

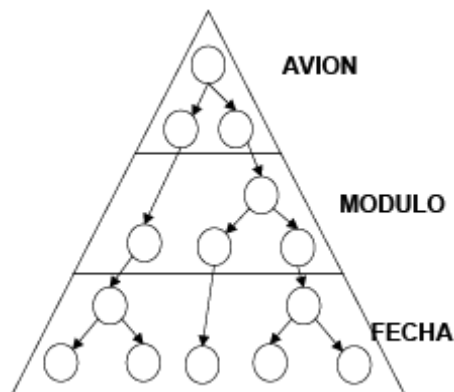


Figura 2.4: Planificación basada en órdenes de producción y sus elementos

Las órdenes de producción son los documentos con los cuales se dan las instrucciones para realizar trabajos mediante el empleo de los materiales indicados en ellas.



2.2.8 Logística.

Todas las actividades relacionadas con los movimientos internos de las mercancías, materiales y productos es responsabilidad del almacén. Podemos mencionar dentro de estas actividades:

- Dar entrada a los materiales.
- Organizar el almacén dando ubicaciones a los elementos.
- Tener control del stock (existencias).
- Gestión de los productos perecederos o con tiempo de vida limitada.
- Dar salida a los materiales.

La logística es una pieza clave dentro de la organización de la empresa, ya que si ésta fallara podría llevar al retraso en la entrega de los productos y como consecuencia a la entrega del avión.

2.2.9 Distribución en planta.

La empresa cuenta con una planta para el ensamblaje de estructuras, componentes y ensayos de aviones.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

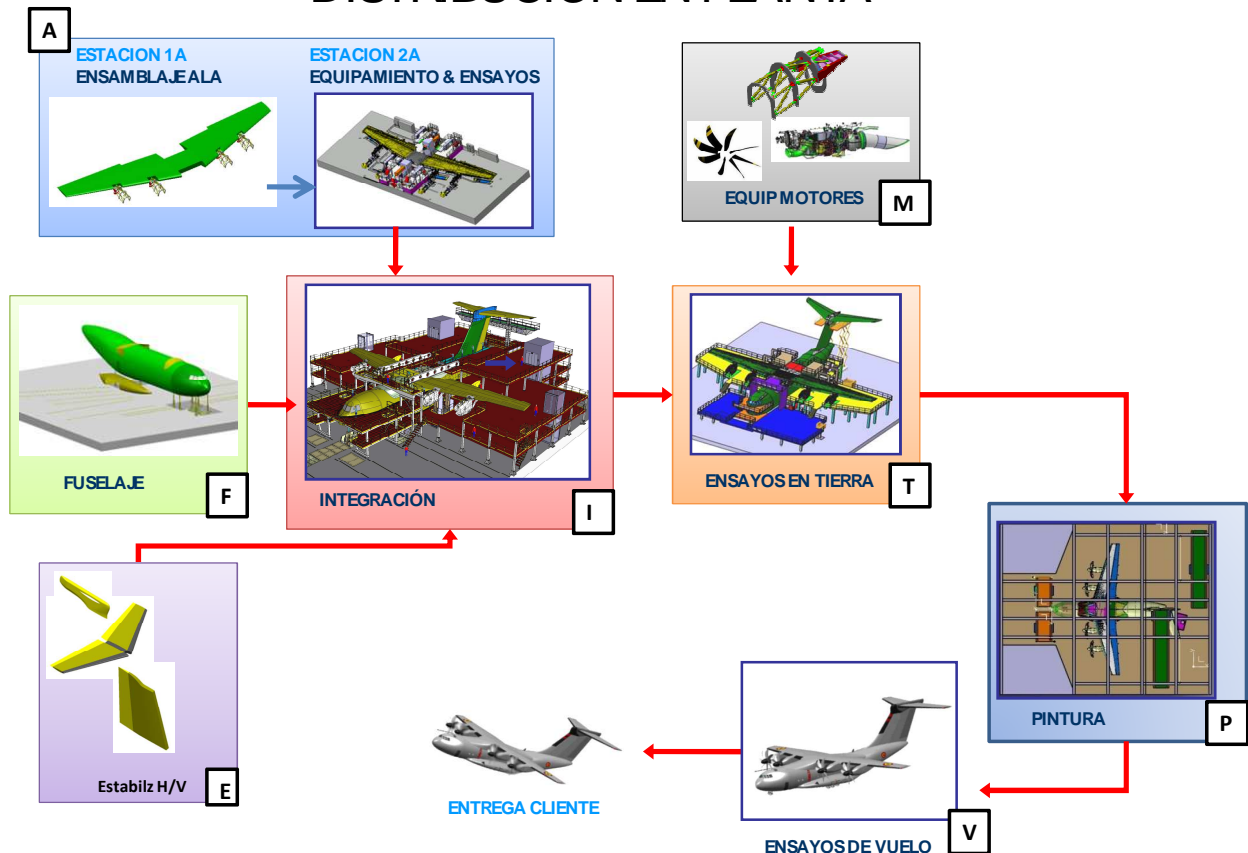


Figura 2.5: Distribución en planta

La distribución en planta esta basada en estaciones de trabajo distribuidas de la siguiente forma:

Estación A: ensamblaje del Ala formada por dos Subestación: 1A y 2A.

- Subestación 1A: integración de componentes del ala
- Subestación 2A: Equipamiento de y ensayos

Estación E: ensamblaje del Estabilizador Horizontal y Vertical (EHV)

Estación F: Integración del Fuselaje principal y del Morro (FM)

Estación I: Integración del avión completo: conjuntos procedentes de las estaciones A, E y F

Estación T: Ensayos en Tierra



Estación M: integración y equipamiento de Motores.

Estación P: Pintura del avión

Estación V: ensayos de Vuelo

2.3 Cálculo de la eficiencia del proceso de producción:

Para medir la eficiencia de nuestro proceso, habrá que llevar a cabo un control y seguimiento de todo el proceso, para ello se han tomado las medidas siguientes:

- Unificar los Criterios de Planificación y Seguimiento en las estaciones de la planta.
- Visualizar y mejorar la eficiencia del proceso de producción de cada estación y por avión.
- Monitorizar e identificar las pérdidas de capacidad en el proceso productivo mediante indicadores:
 - Actividad
 - Disponibilidad
 - Productividad
 - Calidad

Para visualizar y mejorar la eficiencia del proceso de producción de la planta recurrimos a los indicadores donde podemos distinguir entre dos grupos:

Definimos los siguientes grupos de indicadores:

A- Indicadores de operación

B- Indicadores de eficiencia

Estos indicadores son propios de la empresa y están elaborados por los gestores de producción con objetivo de seguir la operativa de la planta y medir la eficiencia de la misma.

A- Indicadores de operación:

Miden la actividad desde un punto de vista operativo.

A1. Horas Teóricas de Presencia en Planta: HTPP

HTPP= Horas teóricas de presencia de los trabajadores en planta

A2. Horas Reales de Presencia en Planta: HRPP



HTPP= Horas de presencia de los trabajadores en planta

A3. Horas de Operación Disponibles: HOD

HOD= Horas de operación disponibles en cada turno de trabajo incluyendo todas las actividades de los trabajadores:

- Formación
- Traspaso de trabajadores a otras estaciones
- Actividades Sindicales
- Otros Inactividad

A4. Horas de Operación Estándar: HOE

HO= Horas de operación predefinidas (estándares) en el sistema de producción (SAP) y están calculadas según curva de aprendizaje del 80%

A5. Horas Netas de Operación: HNO

HNO= Horas netas de trabajo incluyendo trabajo pendiente de otros días

- Desmontaje/Montaje.
- Trabajo de subcontratas
- Trabajos Pruebas Sistemas
- Trabajos de Calidad / Solución no conformidades
- Tareas auxiliares
- Logística interna
- Utillaje & robot

Basándonos sobre estos indicadores, podemos calcular los indicadores de eficiencia del proceso:

B- Indicadores de eficiencia:

Miden la eficiencia de cada subactividad y de la actividad global.

B1. Indicador de Capacidad: IC

Capacidad No Efectiva (CNE): es la Diferencia entre tiempo presencial teórico y real

$$\text{CNE} = \text{HTPP} - \text{HROP}$$

$$\text{IC} = \text{HRPP} / \text{HTPP} = 1 - (\text{CNE} / \text{HTOP})$$

El tiempo teórico: HTOP esta predefinido para los operarios en 8 horas por turno.



El tiempo real HROP: se controla mediante el acceso al centro de trabajo mediante los tornos de entrada.

B2. Indicador de Actividad: IA

Tiene en cuenta el tiempo perdido en el proceso de producción por la no actividad de trabajadores (tiempo de inactividad) debido a:

- Formación.
- Traspaso de trabajadores a otras estaciones.
- Actividades Sindicales
- Otros Inactividad

Para ello definimos el Tiempo perdido por Otras Actividades:

$$\text{TPOA} = \text{HROP} - \text{HOD}$$

$$\text{IA} = \text{HOD} / \text{HRPP} = 1 - (\text{TPOA} / \text{HROP})$$

B3. Indicador de disponibilidad: ID

Tiene en cuenta el tiempo perdido en producción debido a causas externas:

- o Trabajo de subcontratas
- o Tareas auxiliares
- o Logística externa
- o Utillaje & robot
- o Otros externos

Para ello definimos el Tiempo perdido por Incidencias en Producción debido a causas externas:

$$\text{TPIE} = \text{HOE} - \text{HNOe}$$

$$\text{ID} = \text{HNOe} / \text{HOE} = 1 - (\text{TPIE} / \text{HOD})$$

B4. Indicador de Productividad: IP

Tiene en cuenta el tiempo perdido en producción debido a causas internas:

- o Desmontaje/Montaje.
- o Trabajos Pruebas Sistemas
- o Trabajos de Calidad / Solución no conformidades
- o Tareas auxiliares



- o Logística interna

Para ello definimos el Tiempo perdido por Incidencias en Producción debido a causas internas;

$$\text{TPII} = \text{HOE} - \text{HNOi}$$

$$\text{IP} = \text{HNOi} / \text{HOE} = 1 - (\text{TPII} / \text{HOD})$$

B5. Indicador de calidad (Quality): IQ

Tiene en cuenta el tiempo perdido en el proceso de producción debido a No Conformidades (NC):

- Reparaciones y Retrabajos externas
 - Reparaciones y Retrabajos internos
- } Horas de Producción :HP

Para ello definimos el Tiempo perdido por Defectos en Producción debido a causas internas y externas

$$\text{TPD} = \text{HNO} - \text{HP}$$

$$\text{HNO} = \text{HNOi} + \text{HNOe}$$

$$\text{IQ} = \text{HP} / \text{HNO} = 1 - (\text{TPD} / \text{HNO})$$

B6. Indicador de Eficiencia Global: IEG

Indicador global de eficiencia del proceso productivo completo y tiene en cuenta los factores de Capacidad, Actividad, Disponibilidad y Productividad.

$$\text{IEG} = \text{IC} \times \text{ID} \times \text{IP} \times \text{IQ}$$

2.3.1 Medición de parámetros:

Para el cálculo de estos indicadores, la tabla abajo sintetiza como se obtienen los datos, la fuente de los mismos y el soporte utilizado para recogerlos.



	DATOS A MEDIR	FUENTE	COMENTARIOS
Horas Teóricas de Operación en Planta (HTOP)	-Horas presenciales teóricas de los trabajadores de la estación.	Producción	Plantilla/Reuniones diarias
Horas de Operación en Planta (HOP)	-Horas presenciales de los trabajadores de la estación.	SAP	No se incluyen horas de bajas, ausencias...
Tiempo perdido por Otras Actividades (TPOA)	-Formación -Traspaso de trabajadores -Actividades Sindicales -Otras Actividades	Producción	Plantilla/Reuniones diarias
Tiempo perdido por Incidencias Externas (TPIE)	-Trabajo de subcontratas -Tareas auxiliares -Logística externa -Utillaje & robot -Otros externos	Producción	Plantilla/Reuniones diarias
Tiempo perdido por Incidencias Internas (TPII)	-Desmontaje / montaje -Trabajos pruebas sistemas -Trabajos de calidad -Logística interna	Producción	Plantilla/Reuniones diarias
Tiempo perdido por Defectos	-Reparaciones y retrabajos internas -Reparaciones y retrabajos Externas	Producción	Tiempo medio de reparación

Tabla 2.1: Síntesis de datos recogidos, fuente de los mismos y el soporte utilizado para recogerlos.

2.3.2 Seguimiento

Para el seguimiento de las pérdidas de horas de producción, se usa la plantilla abajo en la que diariamente se introducen las horas que el trabajador no ha trabajado en el proceso de producción planificado debido a alguna de las causas tales como formación, traspaso de trabajadores a otras estaciones, actividades Sindicales y otros.



20-sep-08		PÉRDIDAS DE CAPACIDAD PRODUCTNA																					
		Horas por Trabajador																					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22
ACTIVIDADES INTERNAS	Formación																						
	Traspaso de operarios a otras estaciones																						
	Actividades Sindicales																						
	Otros Actividades																						
INCIDENCIAS EXTERNAS	Bloqueo por OW o HNC Partners																						
	Retraso de Equipos o Loose items																						
	Logística Interna																						
	Incidencia Herramientas																						
	Incidencia Utillaje & robot																						
	Otros Externos																						
INCIDENCIAS INTERNAS	Desmontaje/Montaje partners																						
	Trabajo de subcontratas																						
	Trabajos de Pruebas Sistemas																						
	Trabajos de Calidad / Solución HNC																						
	Tareas auxiliares																						
	Otros Internos																						
REPARACIONES	Reparaciones y Reworks Internos																						
	Reparaciones y Reworks Externas																						

Nº Trabajadores

Cuadro 2.1 recogida de datos de perdidas por capacidad productiva

En la tabla de abajo, se convierten los datos recogidos en horas semanales que reflejan las horas reales de producción y las de perdida de capacidad.

En el capítulo 5 se visualizan los gráficos de estos datos para un análisis más detallado.



		W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19		
Presencia Teórica		TOTAL Hrs								
		96,0	880,0	456,0					1.432	
Presencia Real		TOTAL Hrs								
		76,2	843,0	392					1.311	
Otras Actividades	<i>Formación</i>	0	0	0					0	
	<i>Traspaso de operarios a otras estaciones</i>	48	101	76					225	
	<i>Actividades Sindicales</i>	0	0	0					0	
	<i>Otras Actividades</i>	0	30	25					55	
	TOTAL Hrs								280	
Incidencias Externas	<i>Bloqueo por OW o HNC Partners</i>	0	0	0					0	
	<i>Retraso de Equipos o Loose items</i>	0	0	0					0	
	<i>Logística Interna</i>	0	2	11					13	
	<i>Incidencia Herramientas</i>	0	16	18					34	
	<i>Incidencia Utilillaje & robot</i>	0	24	2					26	
	<i>Otros Externos</i>	0	0	0					0	
TOTAL Hrs								73		
Incidencias Internas	<i>Desmontaje/Montaje partners</i>	0	19	0					19	
	<i>Trabajo de subcontratas</i>	0	0	0					0	
	<i>Trabajos de Pruebas Sistemas</i>	0	0	0					0	
	<i>Trabajos de Calidad / Solución HNC</i>	0	8	8					16	
	<i>Tareas auxiliares</i>	0	0	0					0	
	<i>Otros Internos</i>	0	0	12					12	
TOTAL Hrs								47		
HNC's	<i>Reparaciones y Reworks Internos</i>	0	0	0					0	
	<i>Reparaciones y Reworks Externas</i>	0	4	0					4	
	TOTAL Hrs								4	
Pérdidas	TOTAL Hrs	48	204	152					404	
Producción	TOTAL Hrs	28	639,0	240					907	
Horas Estándar Quemadas	TOTAL Hrs	57	563	244					864	

Cuadro 2.2 Conversión de los datos recogidos en horas semanales / horas reales de producción y las de pérdida de capacidad

2.4 Los sistemas de gestión de producción, un breve repaso:

En los últimos años han ocurrido grandes cambios en el entorno empresarial, estos cambios giran alrededor de la revolución tecnológica en sectores tales como la micro electrónica, la informática, la automatización industrial, la utilización del láser, etc., que han originado el desarrollo acelerado de nuevas técnicas informáticas y de gestión.

En la actualidad es frecuente escuchar por profesionales y directivos las frases de gestión de los materiales, gestión de los recursos humanos, gestión de la producción, gestión del mantenimiento, gestión ambiental, gestión de la tecnología, etc.



2.4.1 Evolución histórica según escuelas:

La evolución histórica de la gestión de la producción se ha estudiado tradicionalmente de acuerdo a las principales escuelas del pensamiento administrativo y no de forma cronológica, siendo estas (Schroeder/1991):

- División del trabajo.
- Estandarización de partes.
- Revolución industrial.
- Estudio científico del trabajo.
- Relaciones humanas.
- Informática.

2.4.2 Principales enfoques teóricos sobre la gestión de la producción.

Los estudios sobre Economía de la Empresa comenzaron en el siglo XV, pero tuvieron su gran desarrollo a fines del siglo XIX y durante el siglo XX. En todo tiempo, las condiciones del contexto social han influido en la problemática empresarial y en el surgimiento de enfoques teóricos para intentar comprenderlas y actuar frente a ellas.

El cuadro 3.1 resume los principales aportes que tuvieron lugar durante el siglo XX, según Chase, Aquilano y Jacobs:

DECADA	CONCEPTO	HERRAMIENTA	FUNDADOR
1910	Administración científica	Estudio Trabajo y Tiempos	F.W. Taylor
	Sicología Industrial	Estudio de Movimientos	F y L Gilbreth
	Línea Ensamble Móvil	Programación de Actividades	H Ford y H L Gantt
1920	Lote económico	Control de inventarios	F W Harris
1930	Control de Calidad	Muestreo y tablas estadísticas	Shewhart, Dodge, etc.
	Motivación de empleados	Análisis del trabajo	E Mayo, L Tippett
1940	Equipos multidisciplinarios	Programación lineal	G Dantzing





1950/60	Investigación de operaciones	Simulación, Teoría de las Colas; Teoría de las Decisiones, PERT, CPM	Muchos investigadores en Europa y USA
1970	Generalización uso computadora en empresas	Programación de Planta	- IBM
		Control de inventarios	G Orlicky, O Wigth
		Gestion Proyectos, MRP	Joseph Orliky - IBM
	Calidad de servicios	Producción masiva servicios	McDonald's
1980	Estrategia de manufactura	Manufactura competitiva	Harvard
	JIT, TQC	automatización FMS, CAD/CAM, robots	Taiichi Ohno Toyota Motor Co
	Manufactura sincrónica	Teoría de las Restricciones	E Goldratt
1990	Gerencia Calidad Total	Premio M Baldrige	Inst Nac Std y Tecn
	Reingeniería de procesos	Certificación ISO 9000	Soc Am Control de Q
	Empresa electrónica	Despliegue Func Calidad	Org ISO
	Gerencia Cadena de Suministros	Valor e ing concurrente	M Hammer
	Mejora continua		Gobierno USA
	Cambio radical		Netscape Comm
	Internet, SAP/R3		Microsoft Corp/ SAP, Oracle

Tabla 2.1: Principales enfoques teóricos sobre la gestión de la producción

2.5 Los sistemas de gestión de la producción objeto del trabajo.

En la actualidad existen diferentes alternativas de Sistemas de Gestión de la Producción (SGP), acorde a las características propias del proceso productivo (variedad, volumen de producción, complejidad del producto, nivel técnico y tecnológico, etc.), cuyo objetivo es controlar el proceso de producción dentro del sistema empresarial.



Cuando se habla de planificación y control de la producción, se suele hacer referencia a métodos y técnicas que se pueden subdividir en aquellas dirigidas a planificar y controlar "operaciones de procesos "y "operaciones de proyecto."

Dentro del primer grupo se pueden citar:

- **MRP-I / MRP-II** (Material Requirements planning), Planificación de Requerimientos Materiales y de Recursos Productivos), surgido en los Estados Unidos en la empresa IBM.
- **JIT** (Just in Time), el sistema de gestión justo a tiempo es de origen japonés y desarrollado inicialmente por Toyota Motor Co.
- **OPT-TOC** (Optimized production technology), Tecnología de Producción Optimizada, desarrollada inicialmente por Eliyahu M. Goldratt, que más tarde dio lugar a la Teoría de las Limitaciones TOC (Theory Of Constraints) y a su aplicación en producción (sistema **DBR**: drum-buffer-rope)

Dentro del segundo grupo, la tendencia es utilizar un sistema basado en la teoría de redes que hacen uso de los caminos críticos PERT y el CPM.

2.5.1 Los sistemas MRP-I y MRP-II

MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING & MANUFACTURING RESOURCES PLANNING

2.5.1.1 Objetivos del sistema MRP

Los sistemas MRP están concebidos para proporcionar lo siguiente:

- **Disminución de inventarios:** el MRP determina cuántos componentes de cada uno se necesitan y cuándo hay que llevar a cabo el Plan Maestro. Permite que el gerente adquiera el componente a medida, por tanto, evita los costes de almacenamiento continuo y la reserva excesiva de existencias en el inventario.
- **Disminución de los tiempos de espera en la producción y en la entrega:** el MRP identifica cuáles de los muchos materiales y componentes necesita (cantidad y ritmo), disponibilidad, y qué acciones (adquisición y producción) son necesarias para cumplir con los tiempos límite de entrega. El coordinar las decisiones sobre inventarios, adquisiciones y producción resulta de gran utilidad para evitar las demoras en la producción; concede prioridad a las actividades de producción, fijando fechas límite a los pedidos del cliente.
- **Obligaciones realistas:** las promesas de entrega realistas pueden reforzar la satisfacción del cliente: al emplear el MRP, el departamento de producción



puede darle a mercadotecnia la información oportuna sobre los probables tiempos de entrega a los clientes en perspectiva. Las órdenes de un nuevo cliente potencial pueden añadirse al sistema y planificarlas conjuntamente con las existentes manejando la carga total revisada con la capacidad existente y el resultado puede ser una fecha de entrega más realista.

- **Incremento en la eficiencia:** el MRP, proporciona una coordinación más estrecha entre los departamentos y los centros de trabajo a medida que la integración del producto avanza a través de ellos. Por consiguiente, la producción puede proseguir con menos personal indirecto, tales como los expedientes de materiales y con menos interrupciones no planeadas en la producción, porque la base de MRP es tener todos los componentes disponibles en tiempos adecuadamente programados; la información proporcionada por el MRP estimula y apoya las eficiencias en la producción. (Adam y Ebert, 1991: p 575).

La implantación de un sistema MRP es un proceso delicado y requiere contar con una base de información. Entre las más importantes bases de datos necesarias se encuentran las hojas de ruta por producto, los estándares de producción por operación y la explosión de materiales y componentes por producto. Toda esa información deberá obtenerse si no se tiene o revisarse si ya se cuenta con ella.

Su objetivo es disminuir el volumen de existencia a partir de lanzar la orden de compra o fabricación en el momento adecuado según los resultados del Programa Maestro de Producción.

Su aplicación es útil donde existan algunas de las condiciones siguientes:

- El producto final es complejo y requiere de varios niveles de subensamble y ensamble.
- El producto final es costoso.
- El tiempo de procesamiento de la materia prima y componentes sea grande.
- El ciclo de producción (lead time) del producto final sea largo.
- Se desee consolidar los requerimientos para diversos productos.
- El proceso se caracteriza por ítems con demandas dependientes fundamentalmente y la fabricación sea intermitente (por lotes).

2.5.1.2 Componentes fundamentales del sistema MRP

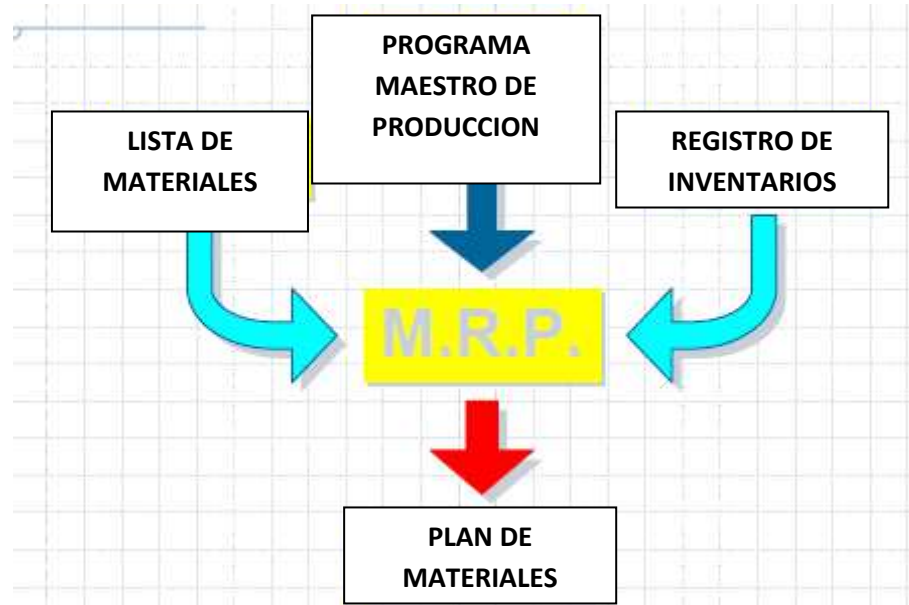


Figura 2.3 Componentes básicos de un sistema MRP

- La figura 3.2 muestra los componentes básicos de un sistema MRP. Tres elementos fundamentales de información son determinantes en el sistema: un Programa Maestro (PMP), un archivo del estado legal del inventario y un archivo de las listas de materiales para la estructura del producto (BOM).

El sistema MRP-II (J.A.D. Machuca y García) se define "como una ampliación del MRP de bucle cerrado que, de forma integrada y mediante un proceso informatizado on-line con una base de datos para toda la empresa, participa en la planificación estratégica, programa la producción, planifica los pedidos de los diferentes ítems componentes, programa prioridades y actividades a desarrollar por los diferentes talleres, planifica y controla la capacidad disponible y necesaria, gestiona los inventarios, y partiendo de los outputs obtenidos, realiza cálculos de costes y desarrolla estados financieros en unidades monetarias, todo ello con la posibilidad de corregir periódicamente las divergencias entre lo planificado y la realidad, partiendo además de simular diferentes situaciones mediante la alteración de los valores de las variables que incluye, y expresando las variaciones que se darían en los resultados".

2.5.1.3 Limitaciones y Ventajas del sistema MRP

Las limitaciones del MRP se originan de las condiciones en que se encuentra antes de iniciar el sistema. Es necesario contar con un equipo de cómputo, la



estructura del producto debe estar orientada hacia el ensamblado; la información sobre la lista de materiales y el estado legal del inventario debe ser reunida y computarizada y contar con un adecuado programa maestro. Otra consideración importante, es la integridad de los datos. Los datos poco confiables sobre inventarios y transacciones, provenientes del taller, pueden hacer fracasar un sistema MRP bien planeado. El capacitar el personal para llevar registros precisos no es una tarea fácil, pero es crítica para que la implantación tenga éxito en el MRP. En general el sistema debe ser confiable, preciso y útil para quien lo utiliza, de lo contrario será un adorno costoso desplazado por sistemas informales más adecuados (Adam y Ebert, 1991: p591).

2.5.2 El sistema Just In Time (JIT)

2.5.2.1 Metas y Objetivos del Just in Time

Frente a las características perniciosas básicas que los japoneses identifican en la gestión de la producción occidental, indicadas por Schonberger : fabricación por lotes -M(exceso), control de la calidad por métodos estadísticos- Muda(desperdicio) y stocks de seguridad- Mura(irregularidad), se plantean como objetivos o metas a alcanzar por el JIT las siguientes: cero defectos, cero averías, cero stocks, cero tiempo ocioso y cero burocracia; recogidas en la denominada "teoría de los cinco ceros" (Georges Archier y Hervé Seryex, 1984).

Para ello se pretende llegar a eliminar los costes originados por la utilización de los recursos productivos innecesarios, y fundamentalmente por la existencia de stocks innecesarios de productos terminados y de componentes empleados en el proceso de fabricación que generan unos costes excesivamente elevados. A continuación se describen brevemente las metas JIT.

- Cero defectos
- Cero Averías
- Cero Stocks
- Cero Tiempo Ocioso
- Cero Burocracia (cero papel)

Estas cinco metas perseguidas por el sistema puede que siempre no las encontremos en todos lo proyectos JIT, dado que la mayoría de las ocasiones encontraremos aplicaciones parciales. Tal vez se deba recalcar que este sistema busca los *cero stocks* por una razón fundamental; ayuda a la detección de

deficiencias e ineficiencias en el sistema productivo y permite a través de su seguimiento desarrollar un proceso de mejora continua.

2.5.2.2 Líneas de actuación de la gestión Just in Time

Para llegar a alcanzar una mejora de la competitividad, el Just in Time plantea tres vías de actuación: flexibilidad del aparato productivo, mejora de la calidad y minimización del coste.

Normalmente las empresas disponen de unas herramientas de gestión de producción que permiten establecer un calendario de fabricación en base a las necesidades que se prevén en el mercado en un determinado período de tiempo. Son sistemas basados en previsiones de la demanda y que establecen de una manera relativamente rígida la actuación de cada línea de producción durante un período de tiempo; planifican las materias primas y componentes necesarios, la capacidad de producción a utilizar, los lotes de producto a fabricar y la cadencia de fabricación de los mismos. Estos son los sistemas de planificación denominados tipo "*push*", en los que los lotes de fabricación <empujan> a la producción. Esto dificulta la flexibilidad de adaptación a los cambios originados por la alteración de algún proceso o por fluctuaciones en la demanda.



Figura 2.4 Sistema JIT tipo PUSH

Por el contrario, en el sistema JIT, cada proceso retira las piezas del proceso anterior, de manera que un centro de trabajo está trabajando sólo en el caso de que el proceso siguiente le comunique la necesidad de piezas. Este tipo de sistema se conoce por sistema "PULL" (de tirón o de información descentralizada), ver Figura 3.4. En él, el flujo de producción se considera en sentido inverso al tradicional, al ser las necesidades de montaje final las que van <tirando> de los materiales. De este modo, no es necesario elaborar a un tiempo los programas mensuales de fabricación para el conjunto de los procesos. En su lugar, basta con

informar a la sección final de los programas de producción previstos y de los cambios que se vayan originando.

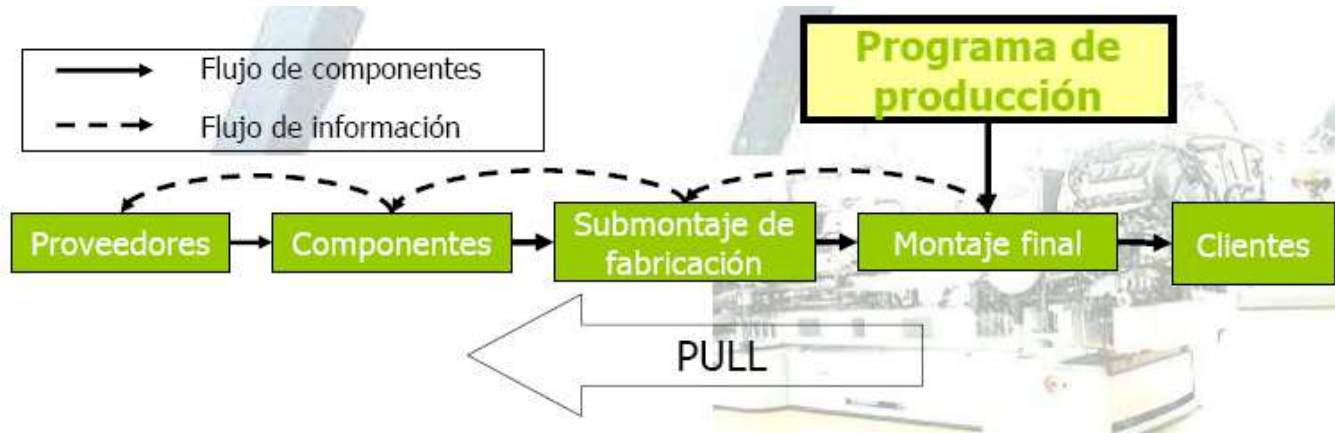


Figura 2.5 Esquema general del sistema JIT

2.5.2.3 Los instrumentos de la filosofía Just in Time

El sistema JIT propone diversas acciones para mejorar y agilizar la producción, utilizando de una forma más eficiente los recursos y minimizando así los costes. Entre las acciones fundamentales que lo caracterizan como modelo de gestión, se pueden mencionar las siguientes:

SISTEMAS TRADICIONALES	SISTEMA JUST IN TIME
- Secciones por tipo de máquina (por funciones).	- Secciones por proceso con diversas máquinas.
- Líneas de proceso independiente para cada gama de producto.	- Agrupación de procesos comunes para diversas gamas de producto.
- Personal especializado en un tipo de máquina.	- Personal polivalente especializado en un proceso con utilización de diversas máquinas.

Tabla 2.3 Diferencias entre la distribución en planta tradicional y JIT

2.5.3 Los sistemas OPT/ TOC/DBR

3.5.3.1 El sistema OPT (Optimized Production Technology):

Otra alternativa para los enfoques de planificación y programación de la producción es la OPT, Teoría de Producción Optimizada (OPT), que constituye un sistema computerizado para realizar la planificación de la producción, las necesidades de materiales y la utilización de los recursos.



La OPT se introdujo por primera vez en EE.UU en 1979 a través de la empresa consultora Creative Output Inc ubicada en Milford, Connecticut, Goldratt, Pazagal, 1979. Este software se basa principalmente en el equilibrado del flujo de producción y en la gestión, en base a los recursos con limitación de capacidad (CCR) o cuellos de botella, y fue rápidamente aplicado en numerosas empresas norteamericanas; en 1986 lo empleaban 22 de las 100 mayores empresas de EE.UU., las que alcanzaron rápidamente resultados muy satisfactorios.

Goldratt considera que la meta para cualquier organización con ánimo de lucro, independientemente de sus características, es la misma: ganar dinero ahora y en el futuro. Así pues, considera que la productividad es un medio para conseguir el objetivo o meta, de forma que todo aquello que lleve a la compañía más cerca de su meta es considerado productivo y todo aquello que la aleje se considera improductivo.

2.5.3.2 Objetivos del OPT:

La OPT define los objetivos de cualquier empresa que quiere generar beneficios en dos grupos:

A. En Términos financieros:

- Beneficio neto (BN): como medida absoluta, nos informa de cuánto dinero se está ganando.
- Retorno o rentabilidad de la inversión (ROI): como medida relativa, relaciona el dinero ganado con el dinero invertido.
- Liquidez: como medida de supervivencia, nos indica la situación de éxito o fracaso para la empresa en función de si existe o no liquidez financiera.

Un aumento de estos tres parámetros indica el acercamiento hacia la consecución de la meta, ganar dinero, aunque estos indicadores son demasiados generales como para ayudar a la toma de decisiones en los niveles operativos de la empresa. Por tal motivo, Goldratt, propone otros tres parámetros que expresan, perfectamente la meta de ganar dinero y al mismo tiempo permiten establecer una serie de procedimientos operativos para dirigir la fábrica. Estos tres parámetros denominados de explotación.

B. En Términos de explotación:

- Facturación o Tasa de producción (T=Throughput): es el dinero que el sistema genera por cobrar las ventas de los productos que ha fabricado.



- Inventario (I= Inventory): es el dinero que el sistema ha invertido en adquirir bienes que luego pretende vender.
- Gastos operativos (OE= Operational Expenditure: es el dinero que gasta el sistema para convertir el inventario en facturación.

La figura 3.8 explica la relación entre los tres parámetros:

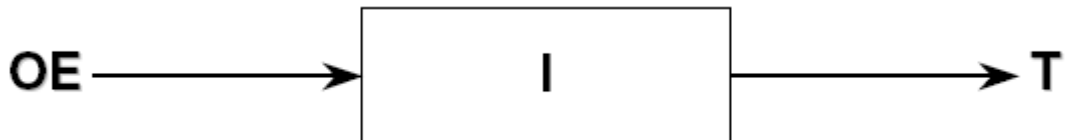


Figura 2.6 Parámetros operativos de la empresa

Se establece también una relación directa con las medidas financieras:

- El Beneficio Neto será Throughput menos Gastos Operativos.
 - El ROI será el cociente entre Throughput menos Gastos Operativos e Inventario
1. Por lo tanto el objetivo de la OPT es incrementar el producto en curso (Maximizar la Tasa de producción) y simultáneamente disminuir las existencias y los gastos operativos (minimizar el inventario y los gastos de explotación).

3.5.3.3 La TOC (THEORY OF CONSTRAINTS).

Teoría desarrollada por E. Goldratt, mismo creador de OPT, muy popularizado por el best seller "LA META". Aunque desde 1988 Goldratt y su equipo habían desarrollado un programa muy intenso de difusión y formación, todavía no existían muchas experiencias prácticas.

La TOC fue utilizada por Dolado (1992) para analizar la estructura de los modelos de dinámica de sistemas y para aplicar la técnica de simulación cualitativa (Qualitative Simulation: QS)

Es una aplicación informática tipo "Caja Negra" (es decir, no se sabe lo que hay dentro) que se implanta sobre un sistema M.R.P. y que sirve para hacer la programación de recursos críticos.

3.5.3.4 Objetivos de la TOC

La Teoría de las Limitaciones considera que todo sistema que quiera lograr un proceso de mejora continua en la búsqueda de sus metas globales debe partir, en primer lugar, de identificar en su estructura jerárquica piramidal si se producen problemas como consecuencia de que cualquier mando intermedio intenta buscar el óptimo local, y en segundo lugar, se deben de orientar los esfuerzos de los



directivos hacia los eslabones más débiles de la empresa que impiden a la organización acercarse a la meta.

2.5.3.5 La nueva solución TOC : DBR: Drum-Buffer-Rope

La TOC, actualmente ha desarrollado tres aplicaciones genéricas fundamentales. Tabla 3.9 muestra las áreas de implantación y la aplicación genérica correspondiente. Así mismo, Goldratt tampoco comparte el mismo criterio de contabilidad de costes que aplican y defienden muchos académicos de esa área económica. En tal sentido ha desarrollado un nuevo enfoque con relación a la Contabilidad de Gestión, a lo que Goldratt denomina "Contabilidad del Valor".

ÁREA DE GESTIÓN	APLICACIÓN GENÉRICA DE TOC
DISTRIBUCIÓN	Logística de Reposiciones (Replenishment)
GESTIÓN DE PROYECTOS	Cadena Crítica (Critical Chain)
PRODUCCIÓN	Sistema DBR (Drum-Buffer-Rope)

Tabla 2.7 Aplicaciones Genéricas de TOC.

Fuente: Material Informativo del A..Goldratt Institute Ibérica, S.A. (1998).

En nuestro estudio, el área que más nos interesa, es la correspondiente a Producción. La aplicación de TOC en Producción es el DBR (Drum-Buffer-Rope), es un sistema para la Planificación, Programación y el Control de un sistema productivo. DBR localiza el óptimo global del sistema productivo en sus limitaciones físicas: recursos cuellos de botella, o en su caso, la demanda del mercado.

2.5.3.6 Objetivos de la DBR

La planificación DBR consiste en concentrar la planificación en la limitación del sistema (el drum) en proteger dicho programa con un colchón de tiempo (buffer) y en subordinar los inicios de los trabajos al programa en la limitación (cuerda o rope). El sistema de control DBR consiste en concentrar el control en el buffer: La "gestión de buffer" permite detectar las desviaciones y corregirlas en el momento preciso antes de que se produzca el incumplimiento, pero no antes de que sea necesario, para evitar excesos de control muy costosos.

La gestión del buffer tiene un modo de funcionamiento adicional que permite seleccionar aquellos procesos productivos que más perturbaciones están

causando en la actuación global del sistema; es por tanto un instrumento de priorización de mejoras de procesos en función de resultados globales.

La diferencia entre DBR y otras técnicas de Planificación y Control de Producción, a criterio de Goldratt, es la concentración de la planificación y el control en muy pocos puntos, porque el óptimo global, a su criterio, no puede pretenderse a través de la suma de óptimos locales cuando el nivel de respuesta exigido es paralelo al nivel de incertidumbre. Así, DBR establece buffers sólo para proteger las limitaciones, no cada operación del sistema.

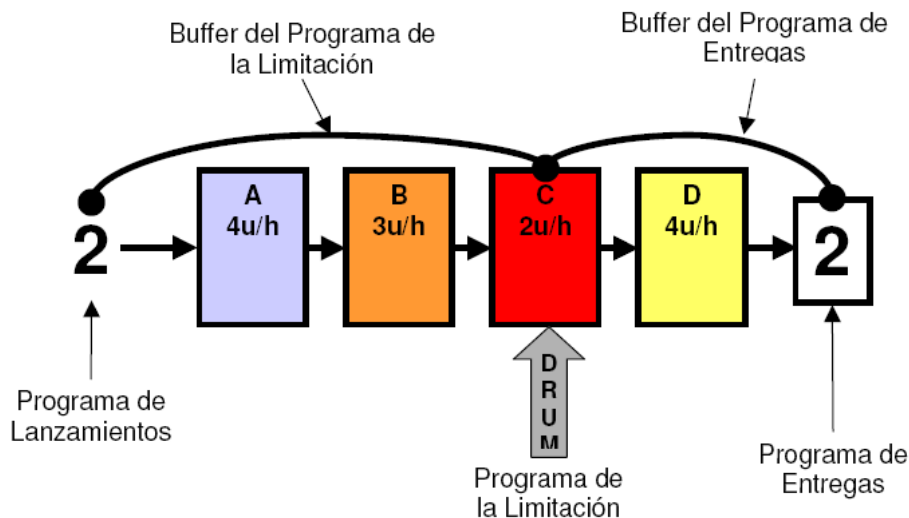


Figura 2.8: Sistema DBR: Drum-Buffer-Rope.

En la Figura 2.10:

- El Drum me permite explotar la limitación. (2u/h).
- La Cuerda (rope):cuánto lanzar- evita que los otros recursos procesen lo que la limitación no requiere.
- El Buffer –cuándo lanzar- desacopla la limitación respecto de las incertidumbres de los otros recursos para que no le afecten.

2.6 Comparación de los sistemas de gestión: MRP/ JIT/ OPT.

Comparación en cuanto a:

Implantación:

Los sistemas clásicos, MRP, TOC y OPT pueden ser implementados en la empresa sin tener que detener la producción, el JIT no, pues necesita una reorganización total y las fases de su implantación requieren cambios más globales que el resto de los sistemas.



Flexibilidad:

El JIT es el más flexible debido a su reducido tamaño de lote y niveles de existencia, el OPT también tiende a programar bajos niveles de existencia y tamaño de lote lo que lo hace más flexible que el MRP y el sistema clásico. El TOC también es flexible al reducido número de datos a procesar.

Exactitud de los Datos:

El MRP y el OPT tienen la misma necesidad de datos, pero en el MRP la exactitud es crucial en todo el proceso y para el OPT solo en aquellos procesos cuello de botellas, para el cálculo en el TOC se puede utilizar un sistema MRP y para el JIT la necesidad de la exactitud de los datos es casi nula.

Tamaño de lotes:

El JIT y el OPT han superado el problema del tamaño del lote, por su parte el clásico y el MRP imponen grandes tamaños de lotes.

Velocidad de Programación:

La velocidad de programación del JIT es difícil de superar, el OPT ha simplificado el proceso de desarrollo y análisis de la organización de la producción, el TOC se caracteriza por procesar una pequeña cantidad de datos de ahí su gran velocidad, el más lento es el MRP debido al gran número de datos a procesar.

Estructura de control:

El MRP mantiene una estructura centralizada para todas las plantas, mientras que el JIT y el TOC mantienen una estructura descentralizada. Por su parte el OPT tiene una estructura centralizada, pero puede usarse de una forma descentralizada ya que puede implementarse en la planificación de una planta, línea o célula de fabricación.

