ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD

Tecnología Agroindustrial

ASIGNATURA: Planeación de la Producción y Logística

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REMINGTON
DIRECCIÓN PEDAGÓGICA

Este material es propiedad de la Corporación Universitaria Remington (CUR), para los estudiantes de la CUR en todo el país.

2011

CRÉDITOS

El módulo de estudio de la asignatura Planeación de la Producción y Logística del Programa Tecnología Agroindustrial es propiedad de la Corporación Universitaria Remington. Las imágenes fueron tomadas de diferentes fuentes que se relacionan en los derechos de autor y las citas en la bibliografía. El contenido del módulo está protegido por las leyes de derechos de autor que rigen al país.

Este material tiene fines educativos y no puede usarse con propósitos económicos o comerciales.

AUTOR

Laura Marcela Trujillo Vargas
Ingeniera Agroindustrial
Especialización en Biotecnología
Diplomado en Gerencia de Proyectos
Jefe de Producción Adimix de Colombia lauramtrujillov@hotmail.com
Skype: lauramtrujillov

Nota: el autor certificó (de manera verbal o escrita) No haber incurrido en fraude científico, plagio o vicios de autoría; en caso contrario eximió de toda responsabilidad a la Corporación Universitaria Remington, y se declaró como el único responsable.

RESPONSABLES

Escuela de Ciencias de La Salud
Director Arcadio Maya Elejalde

Agroindustrial
Decano Dr. Ignacio Ramos Jaramillo
Vicedecana Dra. Diana Lucía Toro

Director Pedagógico
Octavio Toro Chica
dirpedagogica.director@remington.edu.co

Coordinadora de Medios y Mediaciones
Angélica Ricaurte Avendaño
mediaciones.coordinador01@remington.edu.co

GRUPO DE APOYO

Personal de la Unidad de Medios y Mediaciones
EDICIÓN Y MONTAJE
Primera versión. Febrero de 2011.

Derechos Reservados

Esta obra es publicada bajo la licencia CreativeCommons. Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 2.5 Colombia.

TABLA DE CONTENIDO

1. MAPA DE LA ASIGNATURA 7

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y PRONOSTICOS 8

2.1. Introducción a la planeación de producción 9

2.2. Pronósticos: métodos y modelos 13

2.3. Sistemas y métodos de planeación de la producción 26

3. INTRODUCCIÓN Y ENFOQUE A LA LOGÍSTICA 58

3.1. Administración del abastecimiento 59

3.1.1. Función Logística 59

3.2. Sistemas de almacenamiento 63

3.2.1. Conceptos Básicos de Almacenamiento 63

3.3. Transporte 78

3.3.1. Conceptos de Transporte de Mercancías 78

3.4. Pistas de Aprendizaje 89

3.5. Glosario 90

3.6. Bibliografía 92

1. MAPA DE LA ASIGNATURA

PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA

PROPÓSITO GENERAL DEL MÓDULO

Desarrollar en los alumnos conocimientos, destrezas y habilidades en la tarea administrativa de operaciones, estableciendo sus estrategias para planificar, organizar, gestionar personal, dirigir y controlar, a efectos de optimizar la producción, con el fin de aumentar la calidad, productividad, mejorar la satisfacción de los clientes y disminuir los costos.

OBJETIVO GENERAL

Analizar el concepto sistémico de la productividad en todo el proceso productivo, desde la compra hasta la entrega del producto final al cliente, diseñando procesos y optimizando la logística administrativa y de producción

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar las distintas técnicas que se utilizan en la planeación de producción y su posterior control.
- Desarrollar habilidades en los sistemas de logística de producción, aplicando los conceptos a un caso de estudio propuesto.

UNIDAD 1

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN Y PRONÓSTICOS

Será evaluado mediante análisis de casos y resolución de problemas

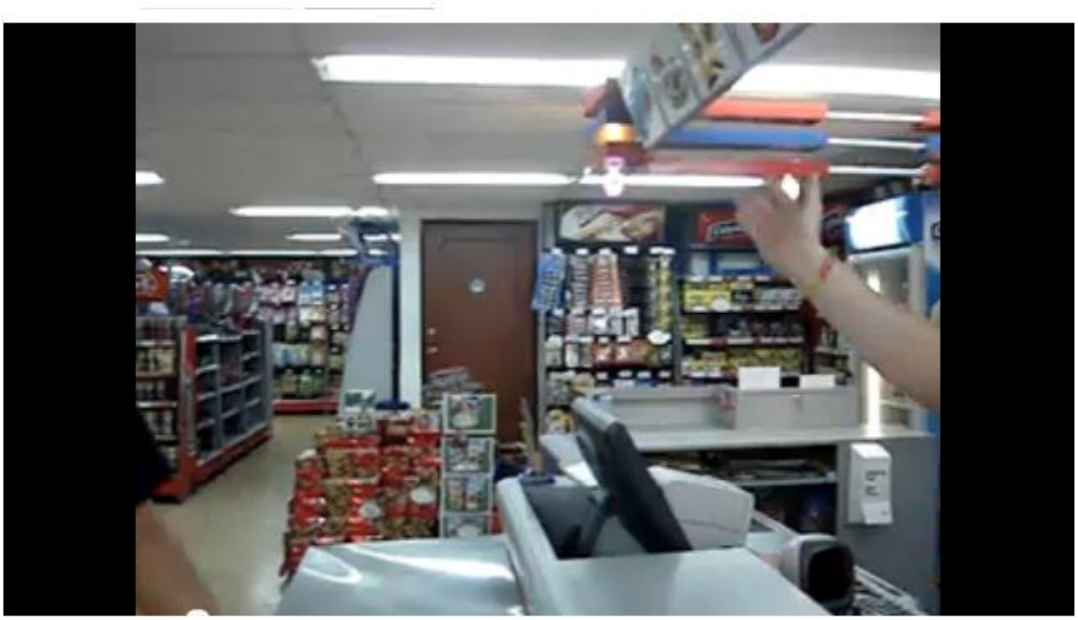
UNIDAD 2

INTRODUCCIÓN Y ENFOQUE A LA LOGÍSTICA

Será evaluado mediante proyecto trabajo en campo, análisis de empresa

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y PRONOSTICOS

Fundamentos teóricos de la planeación de producción y pronósticos:



Tomado de: http://www.youtube.com/watch?v=-ACuogAs_pw

OBJETIVO GENERAL

Aplicar las distintas técnicas que se utilizan en la planeación de producción y su posterior control.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar claramente los conceptos de producción y productividad
- Elaborar pronósticos a partir de datos históricos de la demanda
- Conocer los elementos de la planeación agregada

Prueba Inicial

a) Qué entiende por planeación de producción?
b) Qué son los pronósticos en la industria?
c) Enuncie tres ventajas de la elaboración de pronósticos para la planeación de producción
d) Conoce algún método de pronóstico. Explíquelos brevemente
e) ¿Cuál es la historia de los sistemas de producción?
f) Defina con sus palabras los criterios para evaluar un sistema de producción
g) ¿Cuáles son los elementos de costo de un producto?
h) ¿Qué diferencia existe entre una predicción y un pronóstico?

2.1. Introducción a la planeación de producción

¿QUÉ ES PRODUCCIÓN?

"Se entiende como producción la adición de valor a un bien, producto o servicio por efecto de una transformación. La función de producción es fácilmente identificable dentro de los sectores primario y secundario de la economía; dentro de tales actividades es necesario definir que es insumo, producto y las operaciones de transformación." (Tawfik, 1993)

¿QUÉ ES UN INSUMO?

Todo elemento, cualquiera que sea su naturaleza, es un insumo de un sistema si sufre una modificación dentro de él. Estos elementos pueden ser: físicos, de información, humanos, energéticos.

¿QUÉ ES UN PRODUCTO?

"Un producto es el resultado final de un sistema de producción" (Tawfik, 1993). Puede ser tangible o intangible. El producto tiene varias fases a lo largo de su vida, y estas son:

a) Nacimiento del producto: la idea del producto se analiza en función de los productos existentes, las necesidades del consumidor, alcances del mercado, su contribución a las utilidades
b) Crecimiento: se realiza el producto, y debe medirse la reacción de los consumidores.
c) Estabilización: en esta etapa debe explotarse el producto al máximo
d) Declinación: se trata de reducir gradualmente la producción hasta el cese por completo
e) Desaparición: el producto ya no está disponible en el almacén.

¿QUÉ ES PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN?

"La planeación de la producción es aquella función de determinar los límites y niveles que deben mantener las operaciones de la industria en el futuro." (http://www.monografias.com/trabajos24/control-produccion/control-produccion.shtml). Para ello es necesario un sistema, unas técnicas de trabajo y unos servicios que permitan lograr los objetivos señalados.

El proceso de planeación, programación y control de la producción puede dividirse en tres etapas. La primera comprende la creación de un plan general de producción, teniendo en cuenta la información del mercado para determinar que artículos se deben fabricar en un lapso de tiempo. La segunda etapa consiste en planificar los requerimientos de materiales y capacidad de producción para llevar a cabo el plan general. Finalmente, la tercera etapa ejecuta el plan previamente evaluado.

El proceso de planeación, programación y control de la producción puede describirse como se muestra en la siguiente figura:

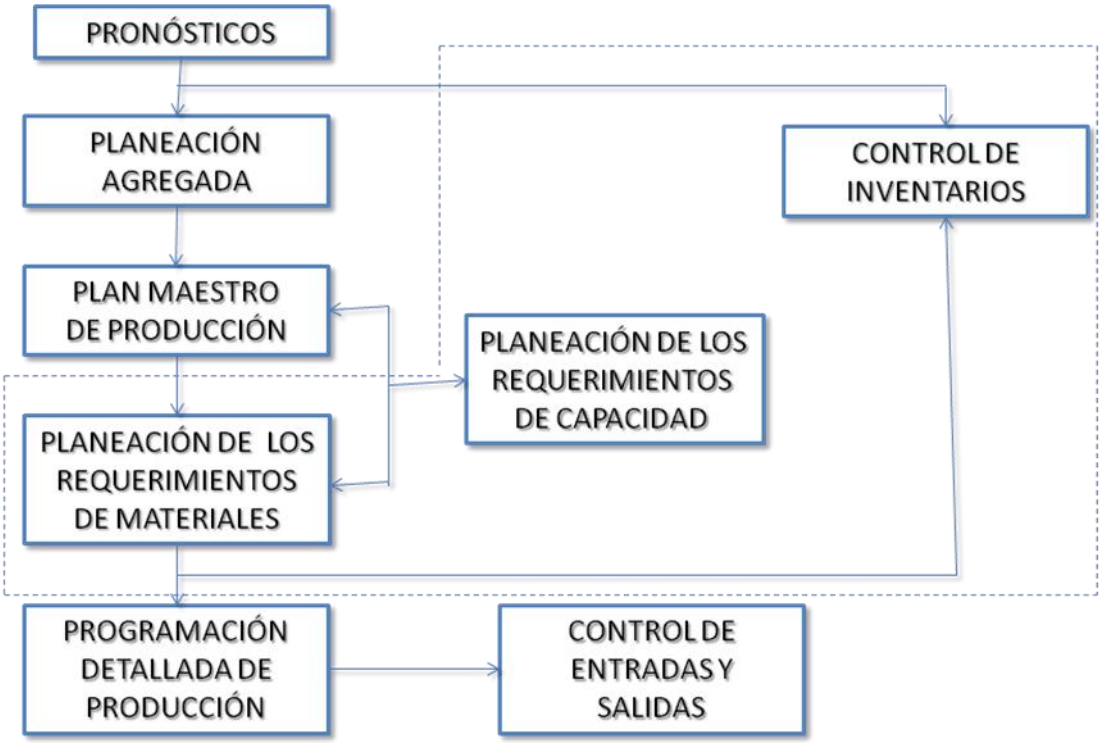


Figura 1. Esquema planeación de producción
Gráfico elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

PRODUCTIVIDAD

"La productividad se define como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados" (Tawfik, 1993). En las industrias, la productividad sirve para evaluar el rendimiento en las empresas. En economía, la productividad es uno de los indicadores que permiten juzgar el resultado de las diferentes actividades económicas del país como la agricultura, las industrias manufactureras y el sector de comercio y servicios.

MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

Si el crecimiento de la productividad está ligado al nivel de calidad de vida, resulta indispensable medir esta productividad e identificar todas las causas que afecten.

En las empresas que miden su productividad, la fórmula que se utiliza con más frecuencia es:

$$Productividad = \frac{número\ total\ de\ unidades\ producidas}{número\ total\ de\ horas - hombre}$$

En ciertas empresas se mide la productividad global, que corresponde a la actividad real de la empresa. La fórmula se convierte en:

$$Productividad = \frac{Producción\ A + Producción\ B + \cdots + Producción\ N}{número\ total\ de\ horas\ de\ trabajo}$$

Otras empresas miden su productividad en función del valor comercial de los productos:

$$Productividad = \frac{ventas\ netas\ de\ la\ empresa}{salarios\ pagados}$$

Esta última medida se aproxima a la que utilizan los economistas para evaluar la productividad de un país o región:

$$Productividad = \frac{Producto\ interno\ bruto}{Número\ de\ habitantes}$$

Todas las medidas son cuantitativas y nos e considera en ellas el aspecto cualitativo de la producción. Todo costo adicional debería ser incluido en la medida de la productividad. El costo relacionado con la imagen de la empresa y la calidad del producto debería estar incluido en la medida de la productividad.

INDICE DE PRODUCTIVIDAD

Con el fin de medir el progreso de la productividad, generalmente se emplea el índice de productividad (P) como punto de comparación:

$$P = 100\,x\,\frac{productividad\ observada}{estándar\ de\ productividad}$$

La productividad observada es la productividad medida durante un periodo definido en un sistema conocido. El estándar de productividad es la productividad que sirve de referencia.

El índice de productividad no debe ser el único indicador del funcionamiento económico, debe complementarse con el costo unitario de la mano de obra, que es la relación entre la remuneración del trabajo y la producción. La tasa de crecimiento del costo unitario de la mano de obra es inversamente proporcional a la tasa de crecimiento de la productividad.

FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD

Los factores pueden ser agrupados en cuatro categorías:

- Inversión: las inversiones en equipos y maquinaria están en función de las necesidades del mercado. Si la inversión no hace esta consideración, la productividad se verá afectada y contribuirá directamente al aumento de los costos de producción.

- Investigación y desarrollo: la inversión depende en gran parte de la investigación y desarrollo, porque es gracias a ellos como las nuevas tecnologías se hacen accesibles a la empresa.

- Reglamentación gubernamental

- Mano de obra.

COMO AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD

La disminución de la tasa de productividad de una empresa tiene como efecto aumentar el costo unitario de la mano de obra y los precios al consumidor. El aumento de los precios puede desencadenar una disminución en las ventas y provocar una reducción del empleo.

Algunas de las medidas propuestas para aumentar la productividad son:

- Elaborar una política de empleo que sea compatible con el crecimiento de la productividad que se busca.
- Invertir en programas de investigación y desarrollo para actualizar las tecnologías.
- Fomentar el diálogo entre los diversos agentes económicos.
- Mejorar la calidad de vida en el trabajo, lo que puede hacerse mediante: cambios de trabajo por rotación, especialización por tarea, trabajo en grupo y redefinición de los sistemas de producción.

Ejercicio

Después de hacer una visita a una empresa que usted elija, elabore un informe sobre las etapas de decisión y concepción de un producto (Bien o servicio)

2.2. Pronósticos: métodos y modelos

PRONÓSTICOS

"Los pronósticos son el primer paso dentro del proceso de planificación y control de la producción" (Riggs, 1998). Estos sirven de punto de partida para la elaboración de los planes estratégicos y para el diseño de los planes a mediano y corto plazo. Los pronósticos permiten a las organizaciones a visualizar de forma aproximada, los acontecimientos futuros y eliminar en gran parte la incertidumbre, dotando de herramientas a la empresa para reaccionar con rapidez a las condiciones cambiantes con un grado de precisión.

Los pronósticos pueden hacerse a corto, mediano o largo plazo. Con nuevos productos, nuevas tecnologías y estrategias es conveniente realizar pronósticos a largo plazo; para inventarios, compras, programación y transporte se recomiendan pronósticos a corto o mediano plazo.

LA DEMANDA

La demanda de un producto o servicio está condicionada por varios factores, a menudo incontrolables, como factores técnicos, sociológicos, económicos, tecnológicos y políticos. La demanda puede ceñirse a varios lineamientos, que pueden ser:

- Tendencias: la demanda sube, baja o permanece constante en el tiempo.
- Ciclicidad: presenta patrones que se repiten cada determinado tiempo.
- Estacionalidad: comportamientos que ocurren periódicamente
- Aleatoriedad: cambios repentinos en el comportamiento de la demanda sin causa conocida o esperada.

MÉTODOS

Los pronósticos según el procedimiento empleado pueden ser cualitativos, estadísticos y aritméticos. A continuación se estudiaran con mayor detalle los métodos que se utilizan generalmente en las previsiones a corto y mediano plazo.

MÉTODOS CUALITATIVOS

Se aplica en aquellos casos en que no se requiere de una abierta manipulación de los datos y solo se utiliza el juicio, experiencia, opinión o la intuición de quien pronostica. Son los más utilizados para las planeaciones a largo plazo, cuando no se dispone de todos los antecedentes necesarios o cuando los datos disponibles no son confiables. Los métodos más conocidos en este grupo son:

- Método Delphi: este método ofrece la ventaja de eliminarla influencia de ciertos factores sicológicos como el deseo de no abandonar una opinión expresada públicamente, las reacciones en cadena provocadas por una opinión mayoritaria entre otros. “El método Delphi se utiliza para predicciones a largo plazo relacionadas con nuevos productos o evolución del mercado” (Tawfik, 1993).

- Técnicas de investigación comercial: los datos que proporcionan el estudio del mercado y el análisis del comportamiento de los consumidores permite pronosticar la demanda de ciertos productos.

- Método de las analogías: consiste en aplicar el análisis de un fenómeno o de un acontecimiento pasado al evento que se está estudiando. “Esto es lo que se hace cuando se pronostica la demanda y la tendencia de un nuevo producto a partir del ciclo de vida de otro producto” (Schroeder, 1999).

MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Hacen uso de técnicas estadísticas y datos históricos para pronosticar el futuro. Se asume que lo que ha ocurrido en el pasado continuara ocurriendo en el futuro; aunque es importante analizar las variables que caracterizaron al ambiente en el pasado y tener en cuenta los cambios ocurridos

como los avances tecnológicos, recesiones económicas o la aparición de productos sustitutos. A continuación se explicaran algunos métodos empleados:

- Promedio intuitivo: en este método se asume el pronóstico para un periodo siguiente igual a la demanda del periodo actual. Este método no tiene en cuenta los datos históricos ni analiza el comportamiento de la demanda

$$D_i = D_{i-1}$$

Dónde:

D_i: Demanda en el periodo i

- Promedio Móvil simple: este método emplea los datos recientes de la demanda para hacer pronósticos y se da igual ponderación a todos los datos. Es recomendable emplearlo cuando las demandas son estables y no presentan tendencia, ni estacionalidad. Las etapas principales de este método son: determinar el número de periodos de referencia y luego establecer los pronósticos calculando la media de la demanda de estos periodos según la fórmula:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{n}$$

Dónde:

P: es el pronóstico buscado
Σ: significa la "suma de"
D_i: demanda en el periodo i
n: número de periodos a promediar.

La variable n determina el grado de suavización del pronóstico. A mayor n hay más suavización y por lo tanto es recomendable para datos poco aleatorios, ya que la proyección resultante es constante y reacciona más lento a los cambios en la demanda.

Ejemplo 1. La empresa "Marroquinería ABC" desea realizar una previsión para el mes de mayo. Se supone que las ventas de los tres meses anteriores han sido: 2560 unidades (febrero), 3205 unidades (marzo) y 2830 unidades (abril)

Solución:

$$P_{mayo} = \frac{D_{febrero} + D_{marzo} + D_{abril}}{3}$$

$$P_{mayo} = \frac{2560 + 3205 + 2830}{3} = 2865\ unidades$$

- Promedio móvil ponderado: se aplica para casos en los que se reflejan fluctuaciones en los datos. Este método es similar al promedio móvil simple, solo que asigna mayor ponderación a los datos más recientes. La fórmula que se emplea es:

$$P = \sum_{i=1}^{n} W_i D_i$$

Dónde:

D_i: demanda en el periodo i
W_i: pero asignado al periodo, entre 0-100%. Hay que tener en cuenta que $\Sigma W_i = 1$

Ejemplo 2. Después de haber estudiado las variaciones de la demanda, la empresa "Marroquinería ABC" ha decidido ponderar la demanda de los tres periodos de referencia y ha elegido los siguientes factores: 50%(abril), 30% (marzo), 20% (febrero). En este caso, ¿Cuál sería la previsión para mayo?

$$P_{mayo} = W_1 D_{febrero} + W_2 D_{marzo} + W_3 D_{abril}$$
$$P_{mayo} = 0.2 \times 2560 + 0.3 \times 3205 + 0.5 \times 2830 = 2888.5\ unidades$$

MÉTODOS ARITMETICOS

- Suavización exponencial: por ser exponencial, da mayor importancia a los últimos datos, es por esto que solo trabaja con el último dato real y el último pronosticado. Además este método reacciona mejor a cambios fuertes de la demanda. La suavización exponencial requiere el uso de la siguiente fórmula:

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) \times F_t$$

Dónde:

F_{t+1}: pronostico del próximo periodo
D_t: demanda en el presente periodo
F_t: pronostico del presente periodo
A: coeficiente de suavización.

Si el modelo de la demanda no contiene tendencias lineales o variaciones estacionales, el pronóstico corresponderá directamente a la demanda promedio suavizada. Por tanto:

$$F_t = F_{t+1}$$

El coeficiente de suavización está entre 0 y 1 y da mayor importancia a los datos más recientes en el pronóstico de suavización exponencial. Los valores de α cercanos a 1 generan una menor suavización en el pronóstico, por lo tanto hay una mayor reacción a los cambios en la demanda. Se utiliza para demandas que presentan tendencia.

Ejemplo 3: Para la empresa "Juguetería El circulo" se desea calcular los pronósticos de las ventas para los primeros seis meses del año, empleando el método de suavización exponencial simple. Se emplea un coeficiente de suavización de 0.10, y los siguientes datos de demanda:

PERIODO	**DEMANDA REAL (D_t) (Datos dados por la empresa)**	**DEMANDA PROMEDIO ACTUAL (F_t) (Datos calculados)**	**PRONOSTICO (F_{t+1}) (Datos calculados)**
Valor inicial		**75** (Dato dado)	
Enero	**70.8**	74.58	
Febrero	**80.2**	75.14	74.58
Marzo	**85.3**	76.16	75.14
Abril	**75.5**	76.09	76.16
Mayo	**70.8**	75.56	76.09
Junio	**88.1**	76.81	75.56
Julio			76.81

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Solución.

Para el mes de febrero:

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1-\alpha) \times F_t$$

$$F_{febrero} = 0.1 \times 70.8 + (1-0.1) \times 75 = 74.58$$

Como:

$$F_t = F_{t+1}$$
$$F_{enero} = F_{febrero}$$

Esto mismo se hace para todos los meses.

Para el mes de marzo:

$$F_{marzo} = 0.1 \times 80.2 + (1-0.1) \times 74.58 = 75.14$$

Para el mes de abril:

$$F_{abril} = 0.1 \times 85.3 + (1-0.1) \times 75.14 = 76.16$$

Para el mes de mayo:

$$F_{mayo} = 0.1 \times 75.5 + (1-0.1) \times 76.16 = 76.09$$

Para el mes de junio:

$$F_{junio} = 0.1 \times 70.8 + (1-0.1) \times 76.09 = 75.56$$

Para el mes de julio:

$$F_{julio} = 0.1 \times 88.1 + (1-0.1) \times 75.56 = 76.81$$

- Suavización exponencial con ajuste de tendencia: cuando se presenta una clara tendencia en el pronóstico de la suavización exponencial, puede agregarse al mismo factor de tendencia que refleje el comportamiento de la misma. Este modelo se calcula de la misma forma que la suavización exponencial, pero agregándole un factor de ajuste de tendencia,

así:

$$AF_{t+1} = F_{t+1}m(T_{t+1})$$

Dónde:

$AF_{t+1:}$ pronostico con ajuste de tendencia
F_{t+1}: pronostico próximo periodo
m: número de periodos a pronosticar
T_{t+1}: pronostico suavizado de tendencia

$$F_{t+1} = \alpha D_t + (1 - \alpha) \times F_t$$

Dónde:

D_t: demanda en el presente periodo
F_t: pronostico del presente periodo
α: coeficiente de suavización.

$$T_{t+1} = \beta(F_{t+1} - F_t) + (1 - \beta)T_t$$

Dónde:

Tt: factor de tendencia del periodo anterior
β: coeficiente de suavización de tendencia

El coeficiente de suavización de tendencia, está entre 0 y 1 y refleja la ponderación dada a los datos de tendencia más recientes. Un β mayor refleja más cambios en la tendencia y hace que el pronóstico reaccione más rápido a cambios en la demanda.

- Regresión lineal por mínimos cuadrados: este método relaciona una variable independiente con otra dependiente usando la ecuación de la línea recta. La variable independiente está relacionada con el tiempo y la variable dependiente representa la cantidad demandada para dicho periodo. Este método presenta la desventaja que no se ajusta bien a un cambio de tendencia, esto limita su uso a un periodo corto de tiempo donde se asegura que la tendencia no cambiara. La ecuación lineal tiene la siguiente forma general:

$$y = a + bx$$

Dónde:

y: variable dependiente (demanda)
a: intercepto de la línea con el eje x en x=0
b: pendiente de la línea
x: variable independiente (tiempo)

Para desarrollar la ecuación lineal se debe calcular el intercepto y la pendiente, así:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} yi}{n} - b\frac{\sum_{i=1}^{n} xi}{n}$$

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - [(\sum_{i=1}^{n} xi)((\sum_{i=1}^{n} yi)]}{n\sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2}$$

n: número de datos.

El coeficiente de determinación indica que porcentaje de la variación en la variable dependiente es causado por la variable independiente.

$$r^2 = \frac{(n \times \sum_{i=1}^{n} xiyi - \sum_{i=1}^{n} xi \sum_{i=1}^{n} yi)^2}{(n \times \sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2) \times (n \times \sum_{i=1}^{n} yi^2 - (\sum_{i=1}^{n} yi)^2)}$$

Dónde:

y: variable dependiente (demanda)
x: variable independiente (tiempo)
n: número de datos

“En algunos casos la variable independiente no es el tiempo sino alguna ocurrencia del mercado que cause variaciones en el comportamiento de la demanda (Método causal simple por regresión lineal)” (Riggs, 1998)

Ejemplo 4. Al periódico local de una población le interesa estimar la demanda de periódicos basándose en la población local. En la siguiente tabla se muestra la demanda de periódicos (en miles) durante los últimos 8 años y la población (expresada en millones de personas) correspondiente de una ciudad pequeña.

Solución:

i	y_i	x_i	$x_i y_i$	xi^2	yi^2
1	3.0	2.0	6.00	4.00	9.00
2	3.5	2.4	8.40	5.76	12.25
3	4.1	2.8	11.48	7.84	16.81
4	4.4	3.0	13.20	9.00	19.36
5	5.0	3.2	16.00	10.24	25.00
6	5.7	3.6	20.52	12.96	32.49
7	6.4	3.8	24.32	14.44	40.96
8	7.0	4.0	28.00	16.00	49.00
TOTAL	39.1	24.8	127.92	80.24	204.87

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

El primer paso es hallar los valores de a y b para la línea, utilizando las siguientes ecuaciones:

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xiyi - [(\sum_{i=1}^{n} xi)\,((\sum_{i=1}^{n} yi)]}{n\sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2}$$

$$b = \frac{8 \times 127.92 - (24.8 \times 39.1)}{8 \times 80.24 - 24.8^2} = 1.99$$

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} yi}{n} - b\frac{\sum_{i=1}^{n} xi}{n}$$

$$a = \frac{39.1}{8} - 1.99\frac{24.8}{8} = -1.28$$

La mejor ecuación para predecir la demanda de periódicos es:

$$y = a + bx$$
$$y = -1.28 - 1.99x$$

Ahora calculamos el coeficiente de determinación:

$$r^2 = \frac{(n \times \sum_{i=1}^{n} xiyi - \sum_{i=1}^{n} xi \sum_{i=1}^{n} yi)^2}{(n \times \sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2) \times (n \times \sum_{i=1}^{n} yi^2 - (\sum_{i=1}^{n} yi)^2)}$$
$$r^2 = \frac{(8 \times 127.92 - 24.8 \times 39.1)^2}{(8 \times 80.24 - (24.8)^2) \times (8 \times 204.87 - (39.1)^2)} = 0.97$$

r2=0.97 nos indica que la ecuación de regresión en línea recta que se obtuvo sirve para explicar el 97% de la variación de la demanda de los periódicos, solo el 3% de la variación queda sin explicar o se debe al azar.

MEDICIÓN DE LOS ERRORES

El control de los pronósticos es importante en cualquier sistema. Debe tenerse un indicador sobre el desempeño del sistema para evaluar qué tan correcto es el método que se está empleando para pronosticar o si se debe seleccionar otro. A continuación se nombran algunos términos empleados para describir el grado de error:

- Error (e): indica la diferencia entre la demanda real del periodo i y el pronóstico del mismo periodo generado por el método empleado.

$$e_i = x_i - f_i$$

Dónde:

x_i: demanda del periodo i
f_i: pronostico del periodo i

- Error medio: se calcula de la siguiente forma:

$$Error\ medio: \frac{\sum_{i=1}^{n} e_i}{N}$$

Dónde:

e_i: error del periodo i

N: número de errores e_i

Un valor positivo del error medio indica la subestimación de la demanda, es decir, el pronóstico es inferior a la demanda real. Un valor negativo del error medio indica una sobreestimación.

- Desviación absoluta media: es una de las formas más comunes de mediación del error del pronóstico. Se calcula de la siguiente forma:

$$Desviacion\ media\ absoluta: \frac{\sum_{i=1}^{n} |e_i|}{N}$$

Dónde:
e_i: error del periodo i
N: número de errores e_i

La desviación media absoluta mide la dispersión de los errores, si este es pequeño el pronóstico debe estar cercano a la demanda real. Los valores grandes pueden indicar problemas con el sistema de pronósticos.

- Error cuadrado medio: al elevar cada uno de los errores al cuadrado, se le da más importancia a los errores grandes para que estos tengan más influencia en la medida del error cuadrado medio. El error cuadrado medio se calcula así:

$$Error\ cuadrado\ medio: \frac{\sum_{i=1}^{n} {e_i}^2}{N}$$

Dónde:
e_i: error del periodo i
N: número de errores e_i

- Desviación típica o estándar: esta medida permite evaluar el sistema de pronóstico utilizado.

$$Desviación\ típica\ o\ estandar: \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} {e_i}^2}{N-1}}$$

Dónde:
e_i: error del periodo i
N: número de errores e_i

En general, los errores mencionados dan una idea del desempeño del método usado para pronosticar.

SELECCIÓN DE UN MÉTODO DE PRONÓSTICO

A la hora seleccionar un método para pronosticar la demanda, se debe tener en cuenta:

- Sofisticación del usuario y del sistema
- Tiempo y recursos disponibles
- Uso de características de la decisión
- Disponibilidad de datos
- Patrón de los datos

Ejercicio

1. El gerente de una empresa de camiones considera la que la demanda de llantas utilizadas en sus camiones se relaciona íntimamente con el número de millas conducidas. De acuerdo con lo anterior se obtuvieron los siguientes datos que cubren los últimos seis meses:

MES	LLANTAS USADAS	MILES DE MILLAS CONDUCIDAS
1	100	1.500
2	150	2.000
3	120	1.700
4	80	1.100
5	90	1.200
6	180	2.700

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Calcule los coeficientes a y b para la línea de regresión
¿Qué porcentaje de la variación en el uso de las llantas se puede explicar por las millas conducidas?
Suponga que planea manejar 1.200.000 millas en siguiente mes. ¿Cuál será el número esperado de llantas que se utilizarán?

PROYECTO 1.

Caso Empresa productora de bolsas "Wordcube"

Wordcube es una pequeña empresa que produce bolsas personalizadas según las especificaciones del cliente. La empresa se atribuye el éxito al que ha encontrado un nicho de mercado que no tiene una fuerte competencia. Wordcube sumista bolsas a varias tiendas directamente o las despacha para que una compañía las entregue a su destino final.

Wordcube no quiere que su empresa dependa demasiado de cualquier comprador único. Por esto tienen una política de no permitir que las ventas para un solo cliente asciendan a más del 25% de las ventas totales. Algunas veces sugiere a sus clientes fuentes alternativas de suministro, por si se presenta escasez de materiales (como papel, dificultades en el transporte, problemas en producción).

Wordcube no persigue agresivamente a nuevos clientes, ya que tiene más de 1.000 clientes activos. Los clientes más pequeños ordenan alrededor de 5 cargas al año y la orden más grande es de 5.000 cargas. La empresa maneja 2 tamaños de bolsas: mediano y grande, y los diseños gráficos en las bolsas no superan un 50% de cobertura total del área de la bolsa.

Pronóstico de la demanda. Un pronóstico de la demanda altamente preciso permite a Wordcube satisfacer las necesidades de los clientes, empleando bodegas de almacenamiento y uso de camiones propios para la distribución del producto. El encargado de los pronósticos está seguro que muchas veces su "sentir" es más efectivo que cualquier tipo de pronóstico. Recientemente se está presentando el fenómeno de sobrecarga en la bodega y demora en los pedidos de papel (materia prima principal), por no tener espacio para almacenar la materia prima. El pronóstico de la demanda ha sido complicado debido a la naturaleza estacional del producto. Siempre ha existido un pico de demanda antes de las temporadas de vacaciones y fechas especiales. El tiempo exacto del pico de demanda depende de inventario del cliente y en las fechas que comienza la promoción de estas fechas.

Wordcube necesita un método de pronóstico que tome en consideración este factor estacional, además busca un sistema que presente estabilidad, debido a que su mercado es relativamente estable con un gran número de clientes repetidos. Para realizar esta tarea, a continuación los datos de la demanda de los últimos 5 años. Estos datos presentan las ventas mensuales de las bolsas.

	VENTAS (En número de cargas)				
MES	2006	2007	2008	2009	2010
Enero	2.000	3.000	2.000	5.000	5.000
Febrero	3.000	4.000	5.000	4.000	2.000
Marzo	3.000	3.000	5.000	4.000	3.000
Abril	3.000	5.000	3.000	2.000	2.000
Mayo	4.000	5.000	4.000	5.000	7.000
Junio	6.000	8.000	6.000	7.000	6.000
Julio	7.000	3.000	7.000	10.000	8.000
Agosto	6.000	8.000	10.000	14.000	10.000
Septiembre	10.000	12.000	15.000	16.000	20.000
Octubre	12.000	12.000	15.000	16.000	20.000
Noviembre	14.000	16.000	18.000	20.000	22.000
Diciembre	8.000	10.000	8.000	12.000	8.000

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

- Desarrolle y justifique un método de pronóstico que llene las especificaciones de la compañía.
- Pronostique la demanda mes por mes para el año de 2011
- Además del pronóstico de la demanda ¿Cómo se podría mejorar la exactitud del pronóstico?
- ¿Qué papel debe jugar el presentimiento del encargado de las planeaciones de producción para establecer los nuevos pronósticos de venta?

2.3. Sistemas y métodos de planeación de la producción

PLANEACIÓN AGREGADA DE LA PRODUCCIÓN

"La planeación agregada sirve como eslabón entre las decisiones sobre las instalaciones y la programación. La decisión de la planeación agregada establece niveles de producción generales a mediano plazo, es por ello que se hace necesario que en la empresa se implemente dichos procesos, tomando decisiones y políticas que se relacionen con el tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontrataciones y niveles de inventario. El conocimiento de estos factores nos permitirá determinar los niveles de producción que se plantean y la mezcla de los recursos a utilizar." (http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/planagreg.htm)

Normalmente se hace para un mediano plazo (periodo de 6 a 12 meses). Su función principal es especificar la combinación óptima de tasa de producción, nivel de fuerza de trabajo e inventario disponible. La planeación agregada de la producción se hace para familias de productos que tengan similares materias primas, procesos y no para productos individuales.

OPCIONES DE TOMA DE DECISIONES

El problema de la planeación agregada puede resolverse mediante un análisis de las distintas opciones de toma de decisiones disponibles. Según el tipo de decisiones podemos clasificarlas en: las que modifican la demanda o las que modifican la oferta.

Es posible influir en la demanda de varias formas:

- Precios: se emplean las diferencias de precios para reducir la demanda pico o para acumular la demanda en las temporadas bajas.
- Publicidad y promociones: la publicidad generalmente se coordina en el tiempo de tal manera que promueva la demanda durante las temporadas bajas.
- Desarrollo de productos complementarios

También existen variables disponibles para modificar la oferta a través de la planeación agregada. Algunas son:

- Contratación y despido de personal
- Uso de tiempo extra y semanas cortas: se usa cuando las variaciones de la demanda no son muy drásticas. Se producen horas extras manteniendo el mismo personal. El termino

semana corta se refiere a la subutilización de la fuerza de trabajo en lugar de utilizar los despidos, otro termino para definirlo es tiempo ocioso.

- Uso de la mano de obra temporal o eventuales:

- Uso de inventarios: consiste en tener la capacidad requerida para satisfacer los periodos de alta demanda. Se tiene un buen nivel de servicio para estos periodos pero cuando la demanda tiende a cero el costo de mantener los inventarios es alto.

- Subcontratistas: se trata de la contratación de la producción con terceros.

- Nivelar la producción (fuerza de trabajo nivelada): se produce a una tasa constante nivelando durante un tiempo la fuerza de trabajo y se varían los niveles de inventarios para soportar los cambios en la demanda. El costo principal en el que se incurre al usar esta estrategia es el costo de manejo de inventarios.

COSTOS DE LA PLANEACIÓN AGREGADA

La mayoría de los métodos de planeación determinan un plan que minimiza los costos. Estos métodos suponen que la demanda es fija, por lo tanto las estrategias para modificar la demanda no se tienen en cuenta. Si la oferta y la demanda se modifican de manera simultánea, resulta más apropiado para maximizar las utilidades. Cuando se supone que la demanda está dada, deben tenerse en cuenta los siguientes costos:

- Costo de contratación y despido: el costo de contratación incluye los costos de reclutamiento, selección y capacitación del personal. El costo de despido incluye las prestaciones del personal, indemnizaciones y otros costos relacionados con el despido.

- Costo de tiempo extra y tiempo perdido

- Costo de mantenimiento de inventarios

- Costos de subcontratistas: se refiere a los costos que hay que pagar a un subcontratista para que produzca las unidades.

- Costo de mano de obra eventual

- Costo de agotamiento de inventario o pedidos.

Ejemplo 1. La empresa Biscox está construyendo un plan agregado para los siguientes 12 meses. Ellos fabrican bebidas gaseosas, y en este caso desean emplear galones de producto como la unidad de medida de capacidad agregada. Se pronostica que la demanda durante los 12 meses será la siguiente:

MES	GALONES (en miles)
ENERO	300
FEBRERO	300
MARZO	350
ABRIL	400
MAYO	450
JUNIO	500
JULIO	650
AGOSTO	600
SEPTIEMBRE	475
OCTUBRE	475
NOVIEMBRE	450
DICIEMBRE	450

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

La empresa Biscox considerará los siguientes planes agregados:

- Fuerza de trabajo nivelada: uso de inventarios para cubrir las demandas pico
- Fuerzas de trabajo niveladas con trabajo extra: un uso del 20% de tiempo extra junto con inventarios, según sea necesario en los meses de junio, julio y agosto (temporada de verano) para cubrir la demanda pico.
- Estrategia de adaptación: contratación y despido de trabajadores cada mes según sea necesario para cubrir la demanda.

Para evaluar las estrategias la empresa tiene los siguientes datos sobre costos y recursos:

- Cada empleado puede producir 10.000 galones de gaseosa al mes en sus horas de trabajo normal. Con tiempo extra se suponen la misma velocidad de producción; sin embargo, solo puede usar el tiempo extra durante 3 meses al año. Suponga que la fuerza inicial de empleados es de 40.

- A cada empleado se le pagan 1.000 dólares en su tiempo regular. El tiempo extra se le paga al 15% del tiempo normal. Pueden emplearse máximo 20% de tiempo extra en cualquiera de los 3 meses.

- El costo de contratar a un nuevo empleado (incluyendo los costos de selección, papeleo y capacitación) es de 1000 dólares. Cuesta 2000 dólares despedir a un empleado incluyendo prestaciones, indemnizaciones y otros costos relacionados con el despido.

- La gaseosa cuenta 2 dólares por galón su producción. El costo de mantener el inventario es de 3% mensual (es decir 6 centavos por galón de gaseosa al mes)

- Se supone que el inventario inicial es de 50.000 galones. El inventario final deseado al terminar los 12 meses es de 50.000 galones. Se debe cubrir la demanda pronosticada y no se permite agotar el inventario.

Para desarrollar el ejercicio es necesario evaluar cada una de las estrategias en términos de costos. Para facilitar los cálculos, lo primero que hacemos es diseñar tablas donde se presenten todos los costos relevantes, y a medida que se va resolviendo el ejercicio se completa con los datos obtenidos.

Observación: Los datos de las tres tablas están dados en miles.

Solución:

ESTRATEGIA 1

La demanda anual se suma y es de 5.400.000 galones al año. Como cada trabajador puede producir 10.000 galones al mes, en el año está en capacidad de producir: 10.000 x 12=120.000 galones. Se necesita una fuerza de trabajo mensual de: 5.400.000 ÷120.000= 45 trabajadores. Con este número de empleados calculamos los inventarios de cada mes y los costos resultantes. Hay que tener en cuenta que para el mes 1 se tiene un inventario inicial de 50.000 galones. Además que la fuerza de trabajo inicial es de 40 trabajadores, y como es necesario contratar a 5 empleados más, en el mes 1 se incurre en el gasto de contratación, que es de 1.000 dólares por empleado.

NIVEL DE FUERZA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Recursos													
Trabajadores normales	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Tiempo extra (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Unidades producidas	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	450	
Pronostico de ventas	300	300	350	400	450	500	650	600	475	475	450	450	5400
Inventario (al final del mes)	200	350	450	500	500	450	250	100	75	50	50	50	
Costos													
Tiempo normal	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	540
Tiempo extra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contratación/ Despidos	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Mantener inventarios	12	21	27	30	30	27	15	6	4.5	3	3	3	181.5
Costo Total	62	66	72	75	75	72	60	51	49.5	48	48	48	726.5

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

ESTRATEGIA 2

La demanda anual se suma y es de 5.400.000 galones al año. En esta estrategia podemos emplear cierto tiempo extra X. Si X es el tamaño de la fuerza de trabajo, tenemos que:

$$9 \times (10.000X) + 3[(1.2)(10.000X)] = 5.400.000$$

Durante 9 meses se producirán 10.000X galones al mes y durante 3 meses de producirán al 120% de esta velocidad, incluyendo el tiempo extra. Cuando despejamos X de la ecuación obtenemos que X=43 empleados

A con este dato calculamos las unidades producidas, y en los meses 6, 7 y 8 vamos a contar con un tiempo extra del 20%. En el mes uno debemos tener en cuenta el inventario inicial de 50.000 galones y que es necesario contratar a 3 personas, con un costo contratación de 3.000 dólares.

NIVEL DE FUERZA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Recursos													
Trabajadores normales	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
Tiempo extra (%)	0	0	0	0	0	20	20	20	0	0	0	0	
Unidades producidas	430	430	430	430	430	510	510	510	430	430	430	430	
Pronostico de ventas	300	300	350	400	450	500	650	600	475	475	450	450	5400
Inventario (al final del mes)	180	310	390	420	400	410	270	180	135	90	70	50	
Costos													
Tiempo normal	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	516
Tiempo extra	0	0	0	0	0	12.9	12.9	12.9	0	0	0	0	38.7
Contratación/ Despidos	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Mantener inventarios	10.8	18.6	23.4	25.2	24	24.6	16.2	10.8	8.1	5.4	4.2	3	174.3
Costo Total	56.8	61.6	66.4	68.2	67	80.5	72.1	66.7	51.1	48	47	46	732

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

ESTRATEGIA 3

La demanda anual se suma y es de 5.400.000 galones al año. En esta opción se requiera que la fuerza de trabajo varié mes a mes para cubrir la demanda, contratando y despidiendo personal. En este caso vamos a suponer que el inventario al final de mes va a ser de 50.000 galones. Con este dato podemos calcular las unidades que son necesarias para cubrir la demanda, y con este dato el personal requerido para producirlas. Tenemos en cuenta los costos de contratación y despido cada mes.

NIVEL DE FUERZA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Recursos													
Trabajadores normales	30	30	35	40	45	50	65	60	48	48	45	45	
Tiempo extra (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Unidades producidas	300	300	350	400	450	500	650	600	475	475	450	450	
Pronostico de ventas	300	300	350	400	450	500	650	600	475	475	450	450	5400
Inventario (al final del mes)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Costos													
Tiempo normal	30	30	35	40	45	50	65	60	48	48	45	45	541
Tiempo extra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contratación/Despidos	20	0	5	5	5	5	15	10	24	0	6	0	95
Mantener inventarios	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
Costo Total	53	33	43	48	53	58	83	73	74.5	51	54	48	672

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Al comparar los costos anuales de cada estrategia, podemos observar que la estrategia 3 es la más económica, pero hay que tener en cuenta los despidos que se hacen y esto como puede afectar el clima laboral en la empresa.

Otras técnicas empleadas para desarrollar la planeación agregada de la producción son:

- Tanteo y error: evalúa desde el punto de vista de los costos varias alternativas y selecciona la más económica.

- Método de programación lineal: proporciona la solución óptima, pero los costos y la demanda deben ser lineales

- Método del transporte: “la demanda de un producto se considera la restricción referente al destino y la capacidad de producción se considera la restricción de la fuente. Los costos de fabricación en tiempo regular, el tiempo suplementario y el tiempo maquila se indican en la esquina derecha de su casilla respectiva. El costo de almacenamiento se suma al costo de fabricación cuando los productos no se agotan en el periodo de producción. Los costos de contratación de personal, el despido y de escasez no figuran en esta matriz, ya que la escasez de mercancía y los retrasos en las entregas no son admisibles en la resolución de este problema. Solo se tiene en cuenta la información relacionada con los costos y selecciona la alternativa que arroje el menor” (Gaither, 2000). (http://www.investigacion-operaciones.com/Problemas_Transporte/transporte_2004.pdf)

PROYECTO 2.

Resolver los siguientes ejercicios:

Una compañía productora de cuadernos, tiene varios productos con demanda estacional. El pronóstico de los próximos 6 meses es el siguiente (en miles de dólares)

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
PRONÓSTICO	$1.200	$1.400	$2.000	$1700	$1.400	$1.100

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Un empleado normal puede producir $10.000 dólares en cuadernos al mes y la empresa cuenta con 50 empleados normales al final de diciembre. Los empleados normales recién un salario de $400 dólares a la semana (incluyendo prestaciones). Con tiempo extra producen a la misma velocidad que en el tiempo normal, pero se les paga el 150% del salario normal. Puede emplearse hasta un 15% de tiempo extra en cualquier mes. Se puede emplear a un trabajador por $1.000 dólares y cuesta despedirlo $2.000. El costo de mantener inventarios es del 24% al año. La compañía desea terminar con 50 empleados en junio. El inventario inicial es de $900.000.

a) Calcular el costo de una estrategia de adaptación de la demanda
b) Cuál es el costo de la estrategia de nivelación de la producción.
c) Defina cuál es la mejor opción y argumente su respuesta.

2. Una empresa de confección elabora diferentes tipos de camisetas. La demanda tiene alto grado de estacionalidad, como lo muestran los siguientes datos: (la demanda se estima en horas estándar de producción requeridas)

	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO
PRONÓSTICO	8.000	5.000	10.000	15.000

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Una hora de trabajo normal le cuenta a la empresa $5. A los empleados se les paga $12 por hora de tiempo extra y se puede subcontratar mano de obra externa a $10/hora. Se dispone de un máximo de 1.000 horas de tiempo extra en cualquiera de las estaciones. Un cambio en el nivel normal de producción hace que se incurra en un costo de $5 por hora para añadir o sustraer mano de obra. Cuesta el 2% al mes mantener una hora de mano de obra en inventario, los costos de materiales y costos indirectos en los inventarios son iguales a los costos de mano de obra directa. Al principio de otoño existen 5.000 horas estándar en inventario y el nivel de fuerza equivale a 10.000 horas estándar.

a) suponga que la dirección establece el nivel de empleados normales para el año en un equivalente de la demanda y subcontrata al resto. ¿Cuál es el costo de esta estrategia?

b) ¿Cuál es el costo de una estrategia de adaptación de la demanda?

PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN

"El plan maestro de producción especifica qué, cuándo y cuantos elementos o productos terminados deben producirse en determinado periodo. Se basa en los resultados arrojados por la planeación agregada de la producción, pero la programación se hace para productos individuales en vez de familias de productos y se programa para lapsos de tiempo más cortos (días o semanas)" (http://losproductoresdeideas.blogspot.com/p/55-plan-maestro-de-produccion.html)

En el plan maestro de producción las cantidades expresan lo que se necesita producir, no lo que se puede producir. Es importante tener en cuenta que el tipo de producción puede tener dos configuraciones:

- Producción lote por lote: la cantidad a producir es variable, se produce de acuerdo a la cantidad pedida por el cliente.

- Producción por lotes: se define un tamaño de lote y los pedidos se toman a partir de los múltiplos de esa cantidad.

Se pueden presentar diferentes enfoques de producción, el cual depende de las características de la empresa o los productos:

- Fabricación para inventario: las empresas producen sus productos por lotes para mantener cantidades de producto final en inventario para dar rápida respuesta a los requerimientos de los clientes.

- Fabricación sobre pedidos: las empresas no manejan inventario de los productos terminados, sino que elaboran los productos a medida que el cliente lo necesita.

- Ensamble para inventario: aplica para empresas que tienen muchas posibles configuraciones de los productos a partir de componentes básicos. Estas empresas tratan se der flexibles al mantener componentes básicos en inventario y ensamblar el producto final a la hora de recibir la orden del cliente.

Los datos obtenidos en el plan maestro de producción son las entradas a la planeación de requerimientos de materiales.

PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP)

"La planeación de requerimientos de materiales es un sistema de planeación de producción y compras. Un sistema de planeación de requerimientos materiales se basa en dos parámetros básicos del control de producción: tiempos y cantidades"(Chase, 2005). El sistema debe ser capaz de calcular las cantidades a fabricar de productos terminados, de materias primas a comprar para poder satisfacer la demanda. Debe también considerar cuando liberar órdenes de compra o de producción para cada artículo con el fin de entregar la cantidad completa en la fecha pactada con el cliente.

Para el desarrollo de un sistema de planeación de requerimientos de los materiales se deben tener en cuenta los requerimientos de producto terminado, que corresponden a los resultados arrojados por el plan maestro de producción. También es necesario conocer la lista de materiales, el registro de inventarios y el tiempo de se demora en fabricar cada producto, con el fin de crear una programación del tiempo y el número de unidades necesarias en esta etapa del proceso.

Lo que se espera del sistema de planeación de requerimientos de los materiales es el conjunto de órdenes que se generan. Estas pueden ser de dos tipos: órdenes de compra que indican la cantidad y el periodo en que deben ordenarse las materias primas e insumos y las órdenes de producción que indican el periodo y la cantidad de piezas que deben comenzar el proceso de fabricación para obtener el producto final en el fecha requerida.

Para obtener el plan de producción y compras en términos de tiempos y cantidades, un sistema de planeación de los requerimientos de los materiales transforma los insumos en salida o productos y esto lo realiza por medio de una serie de pasos en forma sistemática.

Con la cantidad del plan maestro de producción y la información de la lista de materiales se desciende a través de la estructura de producto. Esto da los requerimientos netos para cada elemento de la lista de materiales:

- Requerimientos en conjunto: indica la cantidad de producto que se requiere para un periodo.

- Recepciones programadas: son unidades de producto terminado que se espera lleguen al final de cada periodo. No son producidas dentro de la empresa o son cantidades que ya habían sido programadas.

- Balance de inventario proyectado o disponible: corresponde para el primer periodo al inventario inicial que se tiene para cada producto, materia prima o insumo. Para los demás periodos se calcula:

$$Inventario\ disponible = RP_i + RPr_i + I_{i-1} - NB_I$$

Dónde:

RP_i: recepciones planeadas del periodo i
RPr_i: recepciones programadas del periodo i
I_{i-1}: inventario disponible del periodo anterior
NB_i: necesidades brutas del periodo i

- Necesidades netas: indica la cantidad que se necesita para producir para el final del periodo. Para cada uno de los periodos se calcula:

$$Necesidades\ netas = NB_i + SS - I_{i-1} - RPr_i$$

Dónde:

NB_i: necesidades brutas del periodo i
SS: inventario de seguridad
RPr_i: recepciones programadas del periodo i
I_{i-1}: inventario disponible del periodo anterior

- Liberación de órdenes planeadas: son las órdenes de trabajo o de compras obtenidas a partir de los cálculos del sistema de planeación de los requerimientos de materiales. Se calculan de acuerdo a las necesidades netas, teniendo en cuenta el tamaño del lote establecido, el factor de aprovechamiento y el tiempo en que se demora en llegar el pedido.

- Recepciones planeadas: son las unidades que realmente llegan de producto terminado, de insumo y materias primas. Se calcula de acuerdo a las órdenes de liberación planeadas teniendo en cuenta el factor de aprovechamiento.

PLANEACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD

Las instalaciones de una empresa están constituidas por lugares de trabajo, máquinas y equipos de manejo de materiales entre otros, los cuales tienen una capacidad finita. Esta puede estar medida en términos de unidades de producto que pueden ser producidos en cada unidad productiva por unidad de tiempo. "La unidad productiva es cualquier centro de trabajo, sección o persona que efectué un proceso de transformación sobre los recursos"(Tawfit, 19883).

ETAPAS DE LA DECISIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD

La secuencia de la decisión puede hacerse en tres etapas:

Etapa 1: Análisis de la demanda: en esta etapa deben analizarse las variaciones de la demanda a corto y largo plazo.

Etapa 2: Determinación de la capacidad de producción: después de analizar el comportamiento de la demanda en un periodo determinado, se debe elegir una política de producción para cumplir con esta demanda. Entre las políticas de producción podemos encontrar:

a) Capacidad de producción variable según la demanda: si las variaciones en la demanda en periodo determinado son poco significativas, puede hacerse frente a ésta situación recurriendo al tiempo complementario. Si las variaciones en la demanda son significativas, la capacidad de producción puede modificarse mediante la contratación o despido de empleados. Esta política implica costos muy elevados en capacitación y despido de empleados, así como compras de maquinaria y equipo ya que la capacidad debe planificarse en función de la demanda máxima.

b) La capacidad es igual a la demanda promedio: la capacidad de producción se mantiene a una tasa constante y equivalente a la tasa promedio de la demanda. Esta política implica costos de almacenamiento y de faltantes de inventario.

c) La capacidad es igual a la demanda mínima: se reducen las posibles inversiones en equipo y maquinaria y los picos de la demanda se satisfacen mediante tiempo suplementario o subcontratación.

Estas políticas también deben tener en cuenta factores del orden técnico y económico:

- Factores técnicos

a) Número de periodos de trabajo: la capacidad de producción puede estar asegurada por uno o varios periodos de trabajo de ocho horas.

b) Límites del tiempo complementario: puede aceptarse como máximo de tiempo complementario un 25% del tiempo regular

c) Nivel de servicio y demora en la entrega: el nivel de servicio es el grado de satisfacción de la demanda.

- Factores económicos

a) Costo de las instalaciones: este costo varía en función de la capacidad de producción.

b) Restricciones financieras: se deben tener en cuenta los límites de los gastos de inversión.

c) Plan de crecimiento: este debe planificarse en función de los medios financieros de la empresa. Anualmente se debe hacer una estimación de: ventas, ingresos, capacidad necesaria, gastos suplementarios de equipo y de instalación para obtener la capacidad proyectada.

Etapa 3: Cálculo de los factores de producción: al definir la capacidad del sistema de producción partiendo de la demanda, se deben calcular: número de máquinas, cantidad de materia prima y número de empleados.

a) Número de máquinas: está en función de la cantidad total a producir, del número de horas de trabajo, de la tasa de producción y la utilización de las máquinas.

- Cantidad total a producir: se calcula considerando la demanda anual del producto, el número de piezas por unidad y la tasa de desperdicio.

$$Q_r = Q_d \times f$$

$$Q_t = \frac{Q_r}{(1-d)}$$

Dónde:

Q_r: Cantidad requerida
Q_d: Cantidad demandada
d: Porcentaje de unidades defectuosas
Q_t: Cantidad total
f: Número de veces que se utiliza una pieza en un producto

Ejemplo 2: La demanda anual para un camión de juguete es de 50.000 unidades. La tasa de desperdicio es del 2%, cuál es la cantidad de llantas y carrocerías que se deben producir teniendo en cuenta que se necesitan cuatro llantas y una carrocería por camión producida.
Solución:

$$Q_t = \frac{50.000}{(1-0.02)} = \frac{50.000}{0.98} = 51.020\ carrocerías$$

Como se necesitan 4 llantas por camión tenemos que: 50.000 camiones x 4 llantas = 200.000

$$Q_t = \frac{200.000}{(1-0.02)} = \frac{200.000}{0.98} = 204.082\ \ llantas$$

- Número de horas de trabajo: se debe considerar que el año tiene 48 semanas laborables, esto multiplicado por el número de horas laborables por semana obtenemos el número de horas laborales por año.

- Tasa real de producción de la maquina: las máquinas suelen detenerse por eventos como mantenimientos, preparación, falta de materiales. Al determinar la tasa de producción de la maquina podemos evaluar la tasa real de producción del equipo, la cual corresponde a la tasa regular multiplicada por la tasa de utilización.

Ejemplo 3: el tiempo de fabricación de un producto es de 20 minutos por unidad. Se estima que la tasa de utilización de esta máquina es del 90%. Calcular la tasa real de producción de esta máquina.
Solución:

$$T_{regular} = \frac{número\ de\ minutos\ multiplicadop\ por\ el\ número\ de\ horas}{tiempo\ regular\ de\ produccion.}$$

$$T_{regular} = \frac{60}{20} = 3\ unidades/hora$$

$$T_{real} = T_{regular} \times Utilización$$

$$T_{real} = 3 \times 0.9 = 2.7\ unidades/hora$$

El número de máquinas necesarias (N) es igual a:

$$C_{real} = T_{real} \times Horas$$

$$N = \frac{Q_t}{C_{real}}$$

Ejemplo 4: para realizar el camión de juguete del ejemplo, se emplean máquinas de vaciado a presión. Se debe determinar cuántas máquinas vaciadoras se necesitan para fabricar las 204.082 llantas y las 51.020 carrocerías, si:

- La tasa regular de producción es de 2.000 unidades por hora para las llantas y 500 para las carrocerías
- La tasa de utilización es del 85%
- El número de horas de trabajo al año es de 1.920

Solución:

Para las llantas:

$$T_{real} = 2.000 \times 0.85 = 1.700\ unidades\ /hora$$

$$C_{real} = 1.700 \times 1.920 = 3.264.000\ unidades/año$$

$$N_1 = \frac{204.082}{3.264.000} = 0.062\ maquinas$$

Para las carrocerías:

$$T_{real} = 500 \times 0.85 = 425\ unidades\ /hora$$

$$C_{real} = 425 \times 1.920 = 816.000\ unidades/año$$

$$N_2 = \frac{51.020}{816.000} = 0.063\ maquinas$$

El número total de máquinas es:

$$N_t = N_1 + N_2 = 0.062 + 0.063 = 0.125\ máquinas$$

Esto significa que para la fabricación de este producto se necesita el uso parcial de una máquina.

a) Calculo de la cantidad de materia prima: el resultado sirve para evaluar el precio de costo del producto y para planificar las compras. Para el cálculo de la cantidad de materia prima se deben tener en cuenta: el número de piezas por unidad, porcentaje de pérdida de materia prima y porcentaje de desperdicio del procedimiento.

Ejemplo 5: En el siguiente esquema se muestran las cantidades necesarias para la fabricación de una unidad de camión de juguete, así como el porcentaje de perdida y desperdicio para la materia prima y las piezas.

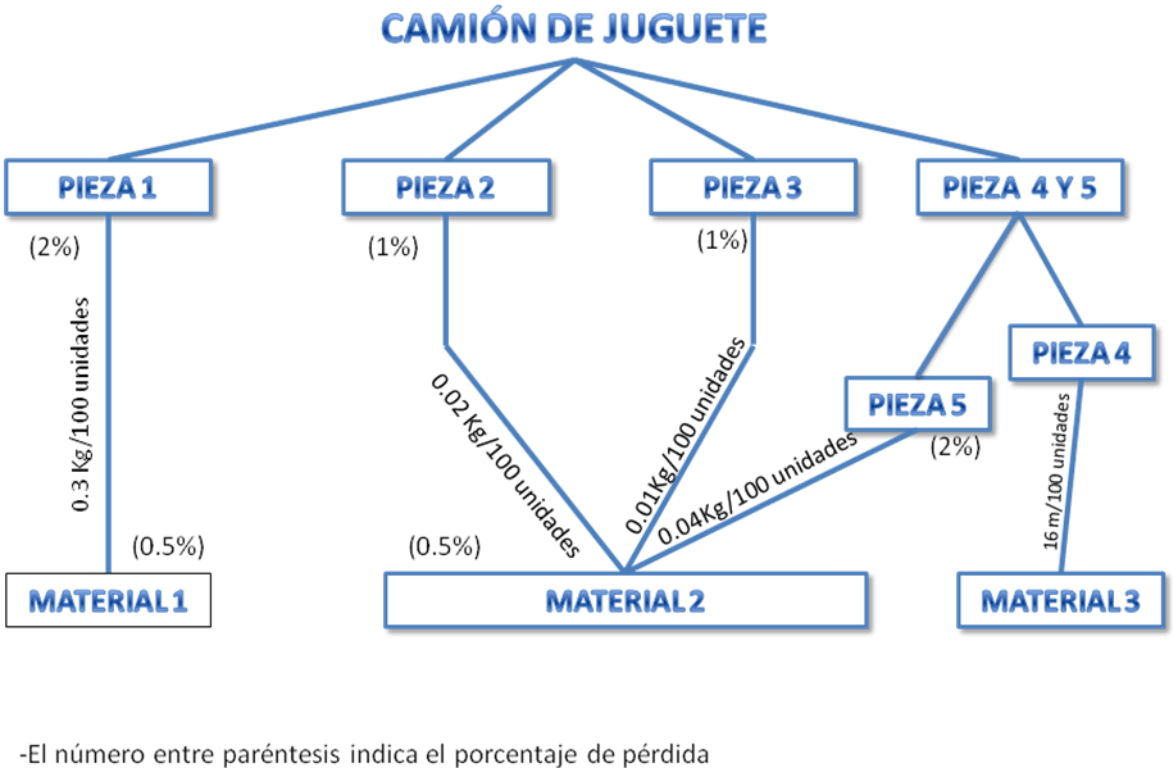


Figura2. Diagrama proceso fabricación camiones de juguete
Gráfico elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Para la fabricación de 50.000 unidades, calcular la cantidad total por fabricar o comprar de las piezas de este producto.

Solución:

Pieza 1: se requiere una unidad de la pieza 1 para cada unidad de camión de juguete. Por lo tanto, la cantidad requerida de la pieza 1 es:

$$Q_r = Q_d \times f = 50.000 \times 1 = 50.000$$

$$Q_t = \frac{Q_r}{(1-d)} = \frac{50.000}{0.98} = 51.020\ unidades$$

Pieza 2:

$$Q_r = Q_d \times f = 50.000 \times 1 = 50.000$$

$$Q_t = \frac{Q_r}{(1-d)} = \frac{50.000}{0.99} = 51.505\ unidades$$

Pieza 3:

$$Q_r = Q_d \times f = 50.000 \times 1 = 50.000$$

$$Q_t = \frac{50.000}{0.99} = 51.595\ unidades$$

Pieza 4: se necesitan 16 metros por cada 100 unidades, por lo tanto:

$$Q_r = \frac{50.000}{100} \times 16 = 8.000\ metros$$

$$Q_t = Q_r(\text{sin}\ perdida) = 8.000\ metros$$

Pieza 5:

$$Q_r = Q_d \times f = 50.000 \times 4 = 200.000$$

$$Q_t = \frac{Q_r}{(1-d)} = \frac{200.000}{0.98} = 204.082\ unidades$$

Materia prima:

Material 1: esta materia prima solo se empleó para fabricar la pieza 1. Según el diagrama se necesitan 0.3 kg de esta material por cada 100 unidades fabricadas. La cantidad total del material 1 requerido es:

$$Q_r = \frac{51.020}{100} \times 0.3 = 153.06\ kg$$

$$Q_t = \frac{Q_r}{(1-d)} = \frac{153.06}{0.995} = 153.829\ kg$$

Material 2: esta materia prima se emplea para fabricar las piezas 2, 3 y 5:

$$Q_r(2) = \frac{50.505}{100} \times 0.02 = 10.010\ kg$$

$$Q_r(3) = \frac{50.505}{100} \times 0.01 = 5.051\ kg$$

$$Q_r(5) = \frac{204.082}{100} \times 0.04 = 81.633\ kg$$

La cantidad requerida de material para las tres piezas es:

$$Q_r total = 10.010 + 5.051 + 81.633 = 96.694\ kg$$

Y la cantidad total de materia prima es:

$$Q_t = \frac{153.06}{0.995} = 97.180\ kg$$

a) Calculo de la mano de obra: el cálculo de los empleados que deben contratarse está en función del grado de automatización de la producción, de los empleados que se necesitan en cada actividad y de la productividad de la mano de obra.

PROYECTO 3

La empresa "Herramaquinas" produce aparatos y piezas mecánicas bajo pedido. El éxito de esta empresa se basa en su organización y en la su sistema de pronósticos. La empresa produjo recientemente 1.000 válvulas especiales. El informe elaborado por el departamento de presupuesto de costos revela que:

Costo unitario de materia prima: $2.65
Costo unitario mano de obra: $3.25
Gastos generales: 120% del costo de la mano de obra
Margen de utilidad: 20%.

Este pedido ocupara el taller de la empresa por dos meses. Se estima que los costos de almacenamiento son de $2.300. El cliente, después de un estudio ha informado a Herramaquinas que le otorgara el contrato si el precio de venta no excede $10 por unidad y que le garantiza un pedido mensual de 800 unidades durante 2 años, si el precio de venta no excede $8.

En la evaluación del segundo pedido, el departamento de presupuestos ha visualizado la compra de nuevos equipos a fin de satisfacer las nuevas condiciones. Se presentan las siguientes posibilidades:

EQUIPO	TASA DE PRODUCCIÓN	MANO DE OBRA DIRECTA	COSTO DEL EQUIPO
A	3 unidades/hora	$5/hora	$11.500
B	3 unidades/hora	$5.5/hora	$8.500
C	2.5 unidades/hora	$7/hora	$4.000

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Además, el departamento de compras informo que la empresa tendrá un descuento del 10% sobre las compras de materia prima. Se ha calculado que con nuevos equipos se podrá reducir costos generales en un 110% del costo de la mano de obra directa, y además el equipo podrá ser empleado para otros pedidos.

Se pide evaluar:
a. El pedido inicial de 1.600 válvulas
b. El número de máquinas necesarias para satisfacer el pedido de 800 válvulas al mes, sabiendo que la empresa tiene un periodo de trabajo de 8 horas por día y la tasa de utilización del equipo es del 80%.
c. La elección de las maquinas
d. El pedido de 600 válvulas con el equipo elegido.

INVENTARIOS

"El inventario de una empresa se puede definir como el conjunto de materiales y artículos que la empresa almacena a la espera de su utilización o venta" (Sipper, 1998). En el caso de las empresas industriales deben mantener un inventario determinado de materias primas para ser sometidas a los procesos de fabricación y un producto terminado con los que cumplen con los requerimientos de los clientes. Cuando la actividad de la empresa es solo comercial, el inventario se limita a los productos que se almacenan desde que los reciben de proveedor hasta que son despachados a los clientes.

La gestión del inventario debe ser lo más eficientemente posible, por lo que se tienen dos objetivos para esta tarea:

- Almacenar la menor cantidad posible de artículos, así se reducen los costos derivados de tener inventario en la bodega.
- Evitar rupturas de inventario, cumpliendo con los pedidos de los clientes.

La tarea de gestión de inventarios tiene como misión equilibrar estos dos objetivos, para esto tiene que determinar variables como:

- Nivel de inventarios de cada articulo
- Momento de emitir los pedidos
- Cantidad a pedir en cada pedido o lote de pedido.

TIPOS DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

Las empresas pueden emplear dos alternativas: los sistemas de revisión continua y los sistemas de revisión periódica.

- Sistema de revisión continua: consiste en actualizar el inventario de forma inmediata, después de cada transacción. Para esto se emplean software especializado, donde se registran: las entradas y salidas de productos. Estos sistemas permiten conocer el nivel de inventarios que tiene la empresa, sin necesidad de acudir a un recuento en las bodegas. El problema de este sistema es que no detecta robos ni errores que pueden producirse a la hora de realizar las entradas o salidas de productos. Por esto, se suelen realizar recuentos periódicos para corregir los errores y actualizar el inventario, además para verificar el estado de los productos.

- Sistema de revisión periódica: en este caso las entradas y salidas de productos no se registran, para conocer el nivel de inventarios se realizan recuentos cada cierto tiempo. Este sistema solo debe ser empleado cuando hay pocas referencias y unidades de artículos.

CLASES DE INVENTARIOS

Los inventarios varían dependiendo de las actividades. En general, los inventarios pueden clasificarse de la siguiente forma:

Según su función

a) Inventario normal: es el necesario para atender la demanda normal de la empresa desde que se recibe un pedido hasta la llegada del siguiente.

b) Inventario de seguridad o protección: es el volumen de producto que hay almacenado por encima del necesario para atender la demanda habitual de los clientes. Este inventario tiene como finalidad evitar las rupturas del inventario en caso de que se produzcan retrasos de los proveedores o variaciones en la demanda.

c) Inventario de especulación y anticipación: algunas empresas compran y almacenan más de lo habitual para aprovechar precios bajos. También se incluyen los artículos de venta estacional.

d) Inventario máximo: el inventario máximo de un artículo se alcanza en el momento que un nuevo pedido llega al almacén. En ese momento, el inventario será lo que queda en el almacén más lo que acaba de llegar.

- Según su naturaleza física

a) Según su vida útil: artículos perecederos, no perecederos y con fecha de vencimiento.

b) Según la actividad de la empresa: en las empresas comerciales encontramos inventarios de: mercancías, productos complementario, artículos obsoletos, defectuosos o deteriorados. En las empresas industriales encontramos inventarios de: materias primas, productos semi-terminados, productos terminados, repuestos y suministros industriales.

CLASIFICACIÓN DE LOS INVENTARIOS: MÉTODO ABC

Este criterio divide el inventario de un almacén en tres grupos. Estos grupos son:

- Grupo A: representa un porcentaje reducido de las unidades físicas (aproximadamente del 10-20%), pero un gran porcentaje en cuanto al valor total del inventario (del 80-90%). Por esto la gestión de este grupo se basa en: grado de control máximo, sistemas de revisión continua, recuentos periódicos frecuentes para subsanar errores, pedidos frecuentes de pocas unidades.

- Grupo B: suponen un porcentaje medio en cuanto a unidades físicas(del 30%) y en cuanto a su valor del 10-15%. A este grupo hay que hacerle seguimiento intermedio entre los grupos A y C.

- Grupo C: representa el grupo más numeroso en cuanto al número de unidades almacenadas (sobre un 50-60%), pero en total representan un 5-10% de la inversión en existencias. Para gestionar este grupo se emplea: pedidos grandes y una gestión de inventarios basada en sistemas de revisión continua o periódica, disminuyendo el grado de control sobre los grupos anteriores.

Se trata de centrar la gestión en el grupo A, y en menor medida en el grupo B. de esta forma, gestionando una porción de las existencias se tendrá el control de la totalidad de la inversión en existencias.

COMPORTAMIENTO DE LOS INVENTARIOS

El inventario de una empresa generalmente se comporta de la forma en la que se representa en el siguiente gráfico:

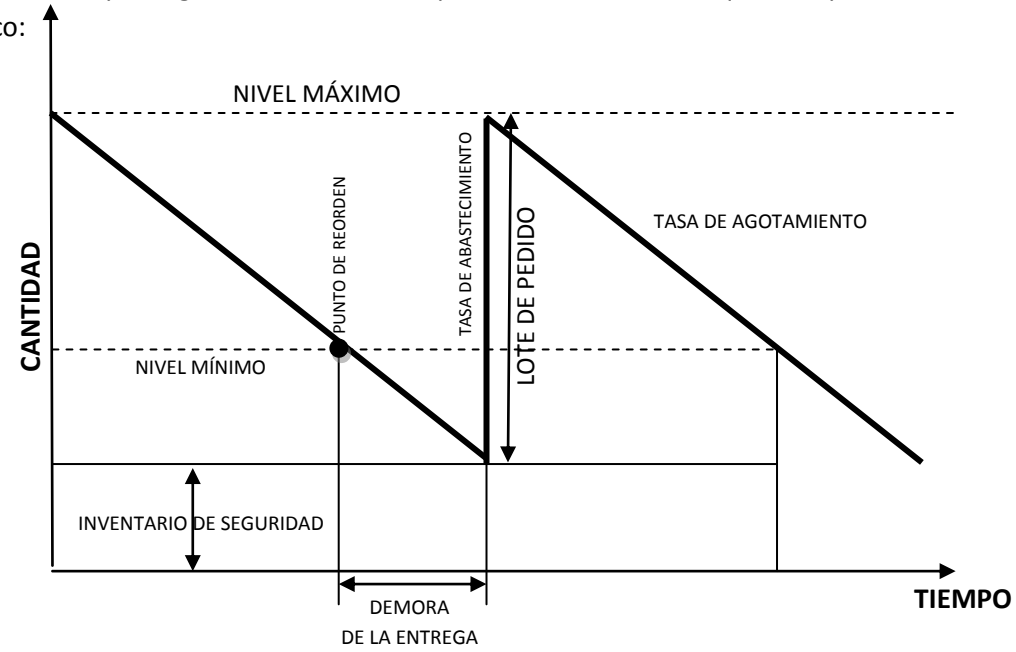


Figura 3. Comportamiento de los inventarios
Gráfica elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Cuando llega un pedido a la bodega, el nivel de inventario llega a su nivel máximo. Este máximo es igual al inventario de seguridad más el lote de pedido. A partir de ahí, el inventario va descendiendo a medida que los clientes realizan sus pedidos. Cuando el inventario llega al punto de pedido hacemos un nuevo pedido al proveedor. Este pedido no llega inmediatamente, sino que se tarda cierto tiempo, lo que denominamos demora de la entrega. En el momento de llegar el pedido, solo queda en la bodega el inventario de seguridad y pasaremos de nuevo al inventario máximo y el ciclo de aprovisionamiento vuelve a repetirse.

EL INVENTARIO MEDIO

Para hacernos una idea de la cantidad de unidades que estamos almacenando se una referencia determinada se emplea el denominado inventario medio. El inventario medio será el lote de pedido entre dos más el inventario de seguridad:

$$Inventario\ medio = \frac{Lote\ de\ pedido}{2} + Inventario\ de\ seguridad$$

EL NIVEL DE SERVICIO

Se refiere a la intensidad con la que la empresa desea satisfacer la demanda. El nivel de servicio puede concebirse de la siguiente forma:

$$Nivel\ de\ servicio = \frac{Unidades\ vendidas}{Unidades\ demandadas}\ x\ 100$$

Un nivel de servicio del 100% supone que estamos atendiendo la totalidad de los pedidos que están haciendo los clientes. El nivel de servicio que se les da a los clientes es una variable que puede fijar la empresa y va depender de la importancia que tiene para la empresa las rupturas de inventario y el costo de almacenamiento.

CÁLCULO DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD Y EL PUNTO DE REORDEN

El inventario de seguridad es el inventario que se tiene para que la empresa no se quede sin existencia en dos casos:

- Cuando el proveedor se retrasa en la entrega
- Cuando la demanda aumenta de forma inesperada durante el plazo de entrega.

En cuanto al punto de re-orden lo definimos como el nivel de existencias a partir del cual hay que hacer un nuevo pedido al proveedor. Como en el momento de llegar este pedido, solo queda en el almacén el inventario de seguridad, el punto de pedido está dado por:

$$Punto\ de\ pedido = inventario\ de\ seguridad + demanda\ media\ durante\ el\ plazo\ de\ entrega$$

COSTOS EN EL MANEJO DE INVENTARIOS

Un aspecto importante en el manejo de los inventarios son los costos asociados con los productos almacenados. Estos costos pueden dividirse en:

- Costos de adquisición: son los costos de comprar las materias primas o productos, una vez deducidos los descuentos y añadidos todos los gastos adicionales hasta que la mercancía se encuentra en el almacén.

- Costos de almacenamiento: son los costos en los que incurre la empresa por el hecho de mantener las existencias en la bodega. Dentro de estos costos se deben incluir:

- Amortizaciones: se refiere a la pérdida de valor que sufren las inversiones que ha realizado la empresa para el montaje de la infraestructura de almacenamiento (equipos, locales, entre otros)

- Financiación: son los préstamos a los que tuvo que recurrir la empresa para el montaje de la infraestructura de almacenamiento. Los costos de la financiación son los intereses que tiene que pagar la empresa por el préstamo obtenido.

- Alquileres: cuando las empresas deciden alquilar los equipos y los locales para el almacenamiento de las materias primas o productos, los costos resultantes serian parte de los costos de almacenamiento, pues no se tienen en cuenta la amortización o la financiación.

- Personal: en este ítem incluimos los costos derivados del personal: salarios, seguridad social, dotación de uniformes y equipo de seguridad.

- Costo de posesión de inventarios: tener dinero invertido en inventarios, supone que se está renunciando a dar ese capital usos alternativos, los cuales tendrían una rentabilidad.

Los costos de almacenamiento se miden en costos por unidad almacenada (C_a), de tal forma que el costo total de almacenamiento será el resultado de multiplicar el costo de una unidad almacenada

por inventario medio. Para calcular el costo por unidad almacenada aplicamos la siguiente fórmula:

$$C_a = \left(\frac{q}{2} \times U\right) \times I$$

Dónde:
q: cantidad económica de unidades que deberán comprarse por pedido, es el resultado de aplicar la fórmula de lote económico.
U: Costo unitario de compra del producto
I: Costo de almacenamiento, expresado como porcentaje del valor promedio del inventario.

- Costos de aprovisionamiento o emisión de pedidos (C_p): cada pedido que realizamos a nuestros proveedores o despachamos a nuestros clientes, tienen una serie de gastos, tales como: comunicaciones, administración y transporte. Para calcular el costo de emisión anual de pedidos, aplicamos la siguiente fórmula:

$$C_p = \frac{Q}{q} \times C_1$$

Dónde:
Q: Cantidad anual por ordenar
C_1: Costo por pedido
q: cantidad económica de unidades que deberán comprarse por pedido, es el resultado de aplicar la fórmula de lote económico.

El costo anual de emisión de pedidos disminuye cuanto más grande sea el lote de pedido, puesto que el número de pedidos a realizar es menor.

- Costo total: para cada referencia, los costos anuales de gestión de inventarios serán la suma de los costos anuales de emisión de pedidos, más los costos anuales de almacenaje:

$$C_T = C_a + C_p$$

Se supone que existe un lote de pedido óptimo que minimiza los costos totales de la gestión de inventarios. A este lote se le denomina Lote económico o formula de Wilson y se calcula de la siguiente forma:

$$Lote\ economico\ (q) = \sqrt{\frac{2 \times Q \times C_1}{U \times I}}$$

Dónde:
Q: Cantidad anual por ordenar
C_1: Costo por pedido
U: Costo unitario de compra del producto
I: Costo de almacenamiento, expresado como porcentaje del valor promedio del inventario.

Esta fórmula tiene los siguientes limitantes:

- Productos cuyo precio fluctúa mucho
- Productos cuya tasa de uso varía frecuentemente.

EL DESCUENTO POR CANTIDAD Y EL LOTE ECONOMICO

Algunas veces es posible obtener una disminución significativa del costo unitario cuando se orden una cantidad ligeramente superior a la del lote económico.

En este caso se calcula primero el lote económico sin tener en cuenta la posibilidad de descuentos, y posteriormente se evalúa el costo total anual de la cantidad que daría derecho a un descuento. Se elige aquella cantidad cuyo costo sea el más bajo.

Ejemplo 6:

Consumo anual: 10.000 unidades
Costo unitario: $10
Costo de almacenamiento: 25% del valor del inventario promedio
Costo por pedido: $20.

El proveedor concede los siguientes descuentos:

0 a 999 unidades	$10 unidad
1000 a 1999 unidades	$9.95 unidad
2000 o más unidades	$9.90 unidad

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Solución:

$$Lote\ economico\ (q) = \sqrt{\frac{2 \times 10.000 \times 20}{10 \times 0.25}} = 400\ unidades$$

Se tiene la opción entre:

400 unidades a $10 unidad	1000 unidades a $9.95 unidad	2000 unidades a $9.90 unidad

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Con la ayuda de la siguiente tabla se analizaran las tres ofertas:

	400 unidades	1000 unidades	2000 unidades
Costo anual de compra	10.000 x 10= 100.000	10.000 x 9.95=99.500	10.000 x 9.90=99.000
Costo de almacenamiento	((400x10)/2) x 0.25)=500	((1000x9.95)/2) x 0.25)=1.243,75	((2000x9.90)/2) x 0.25)=2.475
Costo de orden	(10.000/400)x20=500	(10.000/1.000)x20=200	(10.000/2.000)x20=100
Costo total	$101.000	$100.943,75	$101.575

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Desde el punto de vista económico, la elección debe ser la de ordenar 1.000 unidades por pedido

VALORACIÓN DE LAS EXISTENCIAS

- Precio de adquisición: comprende el precio en factura del proveedor más los gastos adicionales hasta que la mercancía está en el almacén. El precio en factura se entiende sin IVA. Los gastos adicionales pueden ser los siguientes: transporte, seguros, empaques, aranceles y otros impuestos.

- Costo de producción: cuando la empresa fabrica sus propias existencias, estas deben ser valoradas al costo que la empresa ha supuesto al elaborar estos productos. El costo de producción incluye: costos directos (son aquellos atribuibles directamente al producto) e indirectos (son los que no corresponden directamente con el producto).

VALORACIÓN DE LAS SALIDAS

Es necesario analizar la forma y precio al que se deben registrar las ventas. Para esto se utilizan varios métodos que se describen a continuación:

- Método del precio promedio ponderado: se valoran las existencias según una media de los precios de adquisición de los distintos lotes, ponderados por la cantidad que tenemos en el almacén de cada lote, la fórmula empleada es la siguiente:

$$Precio\ promedio\ ponderado = \frac{Valor\ del\ inventario}{Número\ de\ unidades}$$

Es un método sencillo de utilizar y la mayoría de las empresas y programas informáticos de gestión de inventarios lo emplean para calcular el valor del inventario y el costo de las salidas.

- Método FIFO (First in, First out): se denomina así por sus siglas en ingles de primero en entrar, primero en salir. Según este sistema, las primeras unidades que entran al almacén son las primeras que salen cuando se produce una venta.

- Método LIFO (last in, First out): según este sistema, la última mercancía en entrar al almacén será la primera en salir.

PROYECTO 4

Las operaciones de ensamble de un artículo en "Herramaquinas" se encuentran detenidas por la escasez de una de las componentes electrónicas del producto. El director de producción, después de tener conocimiento del incidente, ha convocado al director de planificación y al director de aprovisionamiento a fin de encontrar las causas del incidente y proponer una solución. Presentamos un resumen de la conversación que sostuvieron:

- Director de aprovisionamiento: se han seguido los procedimientos de compra, esa demora es responsabilidad del proveedor.
- Director de producción: había previsto usted un inventario de seguridad para este producto?
- Director de planeación: no, hemos preferido no mantener inventarios de seguridad por los altos costos de obsolescencia de los componentes electrónicos.
- Director de producción: ha evaluado usted cuánto costará este incidente en la empresa?
- Director de planeación: aproximadamente $5.000 en salarios y gastos fijos.

- Director de abastecimiento: el proveedor también ha tenido problemas con sus suministros y debemos esperar hasta que el lote sea enviado.

- Director de planeación: estoy estudiando la reformulación de la regla de administración de inventarios referente a los componentes electrónicos. Se ha tabulado la información para la evaluación de esta alternativa. El procedimiento que propongo consta de tres etapas:

1. Calcular el lote económico para cada componente cuyo costo anual de compra sea superior a $10.000.
2. Calcular el nivel máximo del inventario añadiendo al lote económico el inventario de seguridad. Para calcular el inventario de seguridad empleamos cualquiera de estas fórmulas:

$$Inventario\ seguridad = \frac{costo\ de\ detención\ por\ dia}{costo\ unitario\ de\ compra}$$

$$Inventario\ seguridad = \frac{tasa\ de\ utilización}{2} \times demora\ en\ la\ entrega$$

$$Inventario\ de\ seguridad = tasa\ de\ utilización \times porcentaje\ de\ variación \times demora\ de\ en\ la\ entrega$$

1. Determinar el punto de reorden, empleando la siguiente fórmula:

$$Punto\ de\ reorden = inventario\ de\ seguridad + (tasa\ de\ utilización \times demora\ en\ la\ entrega)$$

ARTÍCULO	Código	Consumo anual (unidades)	Costo unitario promedio ($)	Tasa de utilización		Demora en la entrega (días)	Costo de detención de la producción ($/día)
				Unidades/día	Porcentaje de variación		
A	1	144.000	0.35	600	8.5%	12	3.450
B	2	250.000	0.20	1200	6%	12	5.670
C	3	12.000	1.00	30	12%	23	2.340
D	4	134.000	0.67	500	11%	10	3.500

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

No se tiene en cuenta el descuento que algunas veces dan los proveedores por cantidad comprada que pueden dar los proveedores por cantidad comprada.

Preguntas

a) ¿Qué piensa usted del procedimiento propuesto por el director de planeación?
b) Elabore un informe que contenga los detalles de la aplicación de esta regla de administración de inventarios para cada uno de los artículos.
c) ¿Qué actitud propondría usted considerando la hipótesis de un descuento por cantidad?

Ejercicios

1. Los siguientes artículos han sido registrados en el inventario de una empresa, así como su costo anual de compra:

Número	Código	Costo anual
1	A	$ 32,000
2	B	$ 1,200
3	C	$ 37,000
4	D	$ 14,000
5	E	$ 108,000
6	F	$ 3,700
7	G	$ 28,000
8	H	$ 19,000
9	I	$ 8,100
10	J	$ 65,000

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

a) Clasifique los artículos según el método ABC
b) Indique el valor monetario y porcentaje de cada clase
c) Calcule la cantidad económica del artículo “E”, cuyo costo unitario es de $20, sabiendo que el costo de orden es de $50 por pedido y el costo anual de almacenamiento es de $5 por unidad.

1. Una empresa desea establecer una regla de administración de inventarios para un producto cuyo consumo anual se eleva a $250.000. Se tienen los siguientes datos:

Consumo estimado para el año: 105.000 unidades
Costo unitario promedio: $2.5
Alquiler almacén: $0.30 por unidad
Costo preparación del pedido: $23.8 por pedido
Seguro de inventarios: 20% de su valor

Costo promedio de recepción del pedido: $24 por pedido
Perdidas por deterioro: 2%

Calcular:

a) Costo de orden y almacenamiento
b) Cantidad económica a ordenar
c) El costo de aprovisionamiento
d) La cantidad a ordenar considerando los siguientes descuentos:

Diciembre

L	M	M	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

PROYECTO 5

El JIT (Justo a Tiempo) es un sistema que permite organizar la producción, donde se eliminan los desperdicios y se producen las piezas a la hora de ser necesitadas. Leer el documento "JUSTO A TIEMPO, conceptos y características". Recuperado de la página web: http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf y contestar las siguientes preguntas:

a) Mencione 3 características del sistema JIT
b) ¿Cuáles son los efectos del sistema JIT en los empleados de una compañía?
c) ¿Cuáles son las fases de implementación del sistema JIT?

3. INTRODUCCIÓN Y ENFOQUE A LA LOGÍSTICA

Introducción y enfoque a la logística

Tomado de: http://www.youtube.com/watch?v=mndhe6M2bqM

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar habilidades en los sistemas de logística de producción, aplicando los conceptos a un caso de estudio propuesto.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las distintas actividades que están dentro de la función logística de una empresa, así como la generación e interpretación de información que se produce en el proceso.
- Diferenciar los diferentes tipos de almacenaje y su finalidad dentro de la función logística.

Prueba Inicial

a) Conoce las etapas del ciclo de compra. Enúncielas
b) ¿Cuál es el proceso y los criterios de elección de un proveedor?
c) ¿Cómo define la función logística?
d) ¿Qué tipos de transporte conoce para movilizar las mercancías o materia prima?
e) ¿Qué entiende por almacenamiento?

3.1. Administración del abastecimiento

3.1.1. Función Logística

Se puede definir como función logística el proceso de satisfacer las necesidades del cliente, proporcionándole los productos en el momento, lugar y cantidad en que la demande el cliente, todo esto al mínimo costo.

Las actividades de la función logística son diferentes dependiendo el tipo de empresa, las cuales pueden dividirse de dos formas:

a) Empresas comerciales: venden a sus clientes productos que han adquirido de sus proveedores, sin someterlos a ningún tipo de transformaciones.

b) Empresas industriales: compran materias primas y otros aprovisionamientos a sus proveedores, los someten a un proceso productivo (fabricación), y después venden los productos terminados a sus clientes.

LOGÍSTICA EN EMPRESAS INDUSTRIALES

"Los procesos que se realizan en estas empresas comprenden desde que compran la materia prima hasta que estas son transformadas y vendidas en el mercado" (López, 2006).

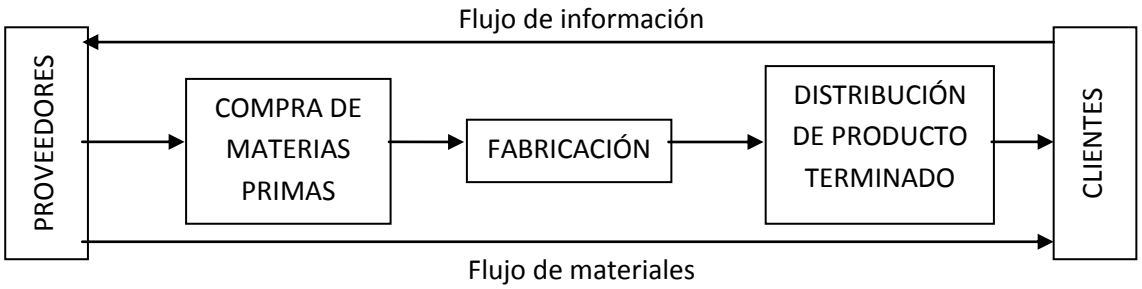


Figura 4. Diagrama logística en empresas industriales
Figura elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

- Compra de materias primas: se incluye la realización de los pedidos, el transporte y el almacenamiento de las materias primas y otros aprovisionamientos necesarios para ejecutar el proceso de producción. Las misiones de la tarea de compra de materias primas es que la fábrica pueda elaborar los productos de forma continua, conseguir los suministros en las condiciones más favorables, evitando el exceso de inventarios.

- Fabricación: es el proceso mediante el cual se transforman los materiales adquiridos en productos terminados, disponibles para la venta.

- Distribución: al estar el producto disponible para la venta, se debe almacenar temporalmente, y luego se procede al transporte hasta el local del cliente.

A todo esto se le debe sumar el proceso de gestión de inventarios.

En estos procesos se producen dos clases de flujos:

- Flujo de materiales: comprenden todo el movimiento de materiales desde el proveedor hasta el cliente. Se compone de las siguientes funciones: transporte, almacenamiento y fabricación.

- Flujo de información: la información del mercado es fundamental para la gestión de inventarios. Los sistemas de gestión de inventarios se basan en la información, y a partir de las previsiones de demanda se va determinando el inventario necesario de tipo de producto en cada fase del proceso de producción.

LOGÍSTICA EN EMPRESAS COMERCIALES

En las empresas comerciales las actividades logísticas son menos numerosas que en las empresas industriales, esto se debe a que no hay procesos de fabricación.

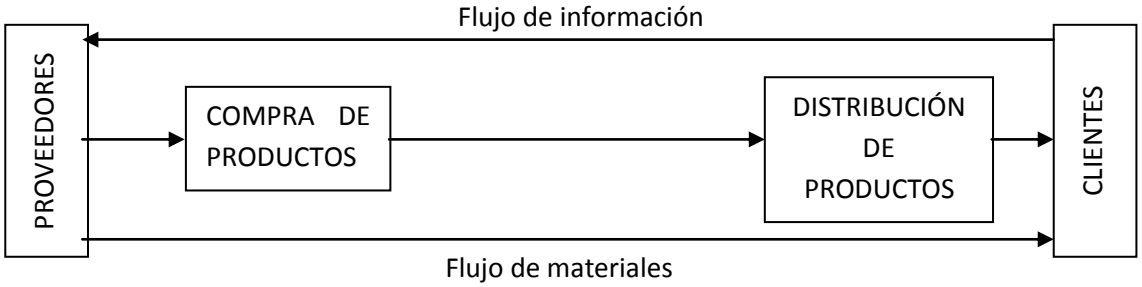


Figura 5. Diagrama logística en empresas comerciales
Figura elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Los procesos son los siguientes:

- Compra de productos: se incluye la realización de los pedidos, el transporte y el almacenaje de los productos que se van a vender a los clientes.
- Distribución: incluye las tareas de procesar y transportar los pedidos de los clientes.

Los procesos descritos producen dos clases de flujos:

- Flujo de materiales: se incluye el transporte y el almacenaje
- Flujo de información: se tienen en cuenta las previsiones de ventas, así como las ventas realizadas para determinar la cantidad de producto que se va a pedir a los proveedores.

CICLO DE COMPRA

"Consiste en una serie de actividades que se inician con una demanda interna" (Mauleon, 2006). Este ciclo está conformado por las siguientes etapas:

- Emisión de un requerimiento de compra: en esta etapa se comunica la necesidad al departamento de compras. Generalmente esta tarea la realiza el departamento de control de inventarios.

- Análisis del requerimiento: se deben revisar varios puntos antes de hacer la compra, como son: existe un contrato con el proveedor, es una compra normal, existen cambios en el mercado.

- Investigación y elección del proveedor: en esta etapa se pueden presentar las siguientes situaciones:

- Compras nuevas
- Compras importantes desde el punto de vista económico o técnico
- Insuficiencia del proveedor actual
- Evolución del mercado

La investigación y elección de un proveedor comprende las siguientes actividades:

- Elaboración de una lista de proveedores aceptables
- Elaboración de cotizaciones o concurso de ofertas
- Evaluación de las ofertas y elección del proveedor

- Emisión de una solicitud de pedido

- Seguimiento del pedido: es necesario hacer un seguimiento al pedido para asegurar que el contenido sea entregado en la fecha prevista.

- Recepción e inspección de la mercancía: se realiza una inspección general del pedido y una inspección técnica. En la inspección general se verifica que el estado de los productos y que contenido corresponda con lo solicitado al proveedor. La inspección técnica consta de muestreo y análisis de la mercancía para luego autorizar su uso en los procesos de la empresa o en el caso de las empresas comerciales, proceder a la distribución.

- Verificación y pago de la factura: si no existe ningún inconveniente en el proceso de recepción de la mercancía, se lleva la documentación de la mercancía aceptada al departamento de contabilidad para proceder a la cancelación de la factura

Ejercicio

1. Realizar un resumen cronológico de la historia de la logística.
2. Realizar un cuadro comparativo entre la logística militar y la logística empresarial.

3.2. Sistemas de almacenamiento

3.2.1. Conceptos Básicos de Almacenamiento

"La mayoría de las empresas, dependiendo de su naturaleza, tienen una cantidad de productos almacenados que suponen una inversión y un costo, ya que ocupan espacio y necesitan ser manipulados y conservados" (López, 2006).

En las empresas industriales se va a contar con un almacén de materia prima que tiene como misión evitar paradas en el proceso productivo como consecuencia de una falta de materia prima por falta de suministros. También cuenta con un almacén de producto terminado, el cual alberga temporalmente los productos hasta que sean despachados a los clientes.

En las empresas comerciales se encuentran almacenes de mercancía, donde se guardan los pedidos hechos a los proveedores, buscando asegurar la existencia de los productos así exista un retraso en las entregas o aumentos imprevistos en la demanda de los productos.

Los tipos de existencias pueden ser clasificados de la siguiente forma:

a) Según del tipo de empresa:

Empresas comerciales:

- Mercancía: artículos que van a ser vendidos.
- Artículos complementarios: los necesarios para dar una buena atención al cliente: como lo son las bolsas plásticas, papel de regalo, incentivos por compras.
- Artículos obsoletos, deteriorados o defectuosos.

Empresas productoras:

- Materias primas
- Productos semiterminados
- Productos terminados
- Suministros industriales
- Productos en cuarentena o para reproceso.

b) Según su vida útil: la vida útil de un artículo es el periodo en el que el producto es apto para el consumo. Pueden ser clasificados de la siguiente forma:

- Artículos perecederos: son los que se deterioran con el paso del tiempo. Normalmente son productos alimentarios.
- Artículos no perecederos: son aquellos productos en los que el tiempo de almacenaje no es una variable que afecte su calidad.
- Artículos con fecha de vencimiento: son aquellos que no se pueden comercializar o consumir después de una fecha determinada, normalmente debido a la normatividad sanitaria.

c) Según las necesidades de almacenamiento: existen productos que por sus cualidades requieren de ciertas características en el almacenaje. Se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Artículos que requieren ciertas temperaturas de almacenamiento: se incluyen en este grupo todos los productos que requieren ser almacenados y transportados a determinada temperatura. Usualmente son los que requieren frio para su conservación, como los congelados o refrigerados. Es muy importante tener en cuenta que la temperatura de los productos no suba de la temperatura fijada, para evitar su deterioro.

- Mercancías peligrosas: son aquellas que pueden ocasionar riesgos para la salud y el medio ambiente. Dentro de este grupo podemos incluir los productos inflamables, corrosivos, tóxicos, entre otros.

CLASES DE BODEGAS PARA ALMACENAMIENTO

Los tipos de bodegas para almacenamiento se pueden clasificar de la siguiente forma:

a) Según su posición en la red logística: hay varias bodegas que puede emplear la empresa para hacer llegar la mercancía al cliente. Estos tipos de bodegas son la bodega de tránsito, la bodega central y la bodega regional.

b) Según los medios empleados en la manipulación de la mercancía: se pueden diferenciar dos tipos de bodegas: las que son automatizadas o robotizadas y las convencionales donde las máquinas son conducidas por el hombre.

a) Según el régimen de propiedad: este criterio distingue si la empresa es la propietaria de la bodega o está bajo la modalidad de alquiler.

OPERACIONES REALIZADAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO

En las bodegas de las empresas comerciales, las operaciones más frecuentes durante el almacenamiento son:

- Descarga de la mercancía del medio del transporte empleado.
- Recepción: una vez la mercancía se encuentra en el almacén, se procede a verificar que corresponda a la relacionada en la documentación que viene con el pedido. Es conveniente también tomar una muestra del pedido para verificar su calidad antes de proceder a almacenarlo.
- Traslado a la zona donde será almacenado
- Picking o preparación de los pedidos.
- Consolidación y expedición: una vez se han completado los pedidos, se procede a embalarlos, etiquetarlos y a generar la documentación necesaria para su despacho.
- Carga: cuando él envió ya está preparado se procede a la carga en un medio de transporte.

DISEÑO DE LA BODEGA DE ALMACENAMIENTO

Si la empresa requiere un espacio para el almacenamiento de materias primas o producto terminado, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Capacidad requerida por el almacén: la capacidad requerida se mide en unidades de almacenamiento tales como estibas, cajas, entre otros. Una mala decisión puede ocasionar un exceso de capacidad que supone un espacio desaprovechado en el almacén o en el caso contrario insuficiencia de capacidad, donde se supone que se deben ampliar las instalaciones o buscar un nuevo local.
- Localización del almacén: para la toma de esta decisión deben tenerse en cuenta muchos aspectos como: Distancia entre el almacén y los clientes o los puntos de venta, distancia entre el almacén y los proveedores, tipo de transporte que se empleara con más frecuencia, accesibilidad, disponibilidad de mano de obra, costo del terreno, acceso a los servicios públicos, permisos ambientales, entre otros.

ZONAS EN UNA BODEGA DE ALMACENAMIENTO

Se puede decir que todas las bodegas de almacenamiento no son iguales ni se realizan las mismas operaciones. Por este motivo, no todas las bodegas tendrán las mismas zonas ni la misma distribución. Sin embargo existen zonas comunes en los distintos tipos de bodegas de almacenamiento, y estas zonas son las siguientes:

- Zonas de cargue y descargue: son aquellas que tienen acceso directo a los vehículos de transporte y a reparto de mercancías. Pueden ser zonas integradas, de tan forma que la carga y descarga de la mercancía se realiza directamente o las zonas independientes que están localizadas fuera del almacén.

- Zona de recepción: en la zona de recepción se realiza el control de calidad a la mercancía que llega y se clasifica para poder ser ubicada dentro de la bodega. Esta zona debe estar ubicada junto a los muelles de descargue, y debe ser amplia para que la mercancía que ingresa pueda ser almacenada mientras es comprobada y clasificada.

- Zona de almacenaje: es donde se ubica el producto terminado o las materias primas. Debe contar con la infraestructura necesaria para este fin.

- Zona de expedición: son las destinadas al empaque de los pedidos que se van a despachar a los clientes. También sirve como sitio de almacenamiento temporal de mercancía pendiente de ser cargada a los medios de transporte.

- Zona de oficinas y servicios: esta zona aloja el personal y material necesario para realizar las operaciones de almacenamiento.

- Zonas especializadas: algunas zonas especializadas pueden ser cámaras frigoríficas, zona de devoluciones o cuarentena y la zona de almacenamiento de estibas vacías.

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA O LAY-OUT

Una vez definidas las zonas que debe tener la bodega de almacenamiento, se debe distribuir en el espacio disponible. Esta distribución debe usar de forma eficiente el espacio y además garantizar un máximo índice de rotación posible.

La distribución en el plano de las zonas internas de la bodega, se conoce como Lay-out, y antes de realizarlo es importante conocer la altura y la cantidad de zonas que va tener la bodega. Las distribuciones en planta más empleadas son:

- Diseño en "U": "en este tipo de diseño se emplea un solo muelle que sirve para la carga y descarga de mercancías. Tiene como ventaja que las zonas de expedición y recepción están muy próximas, por lo que el requerimiento de personal y medios de manipulación se reducen considerablemente" (Mauleon, 2006).

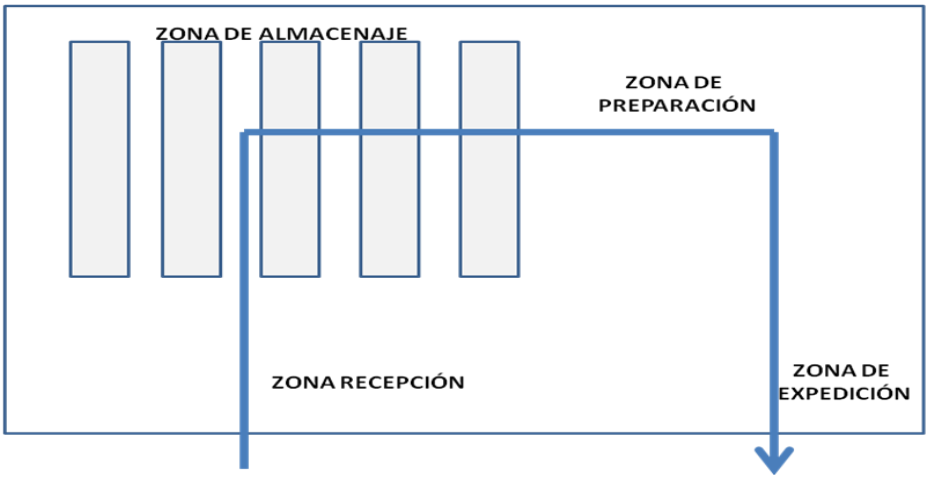


Figura 6. Diagrama diseño en "U"
Figura elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

- Diseño en línea recta: en este diseño se destina un muelle para la entrada de material y otro para la salida de mercancías. Tiene como ventaja la facilidad para el tránsito de la mercancía y la facilidad de adaptación de los muelles.

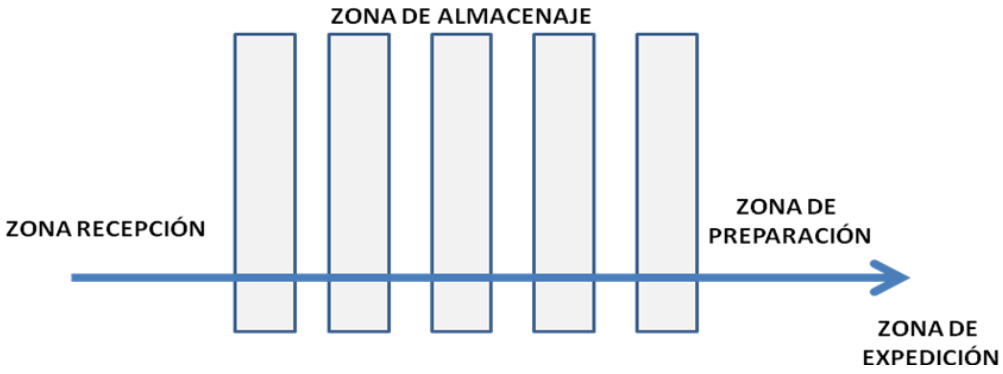


Figura 7. Diagrama diseño en línea recta
Figura elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Ejemplo 1

Una empresa dedicada a la distribución de material litográfico está pensando en la forma de distribuir las estanterías de su almacén. Este almacén se ha calculado para instalar un máximo de 4.200 estibas y tiene la siguiente distribución:

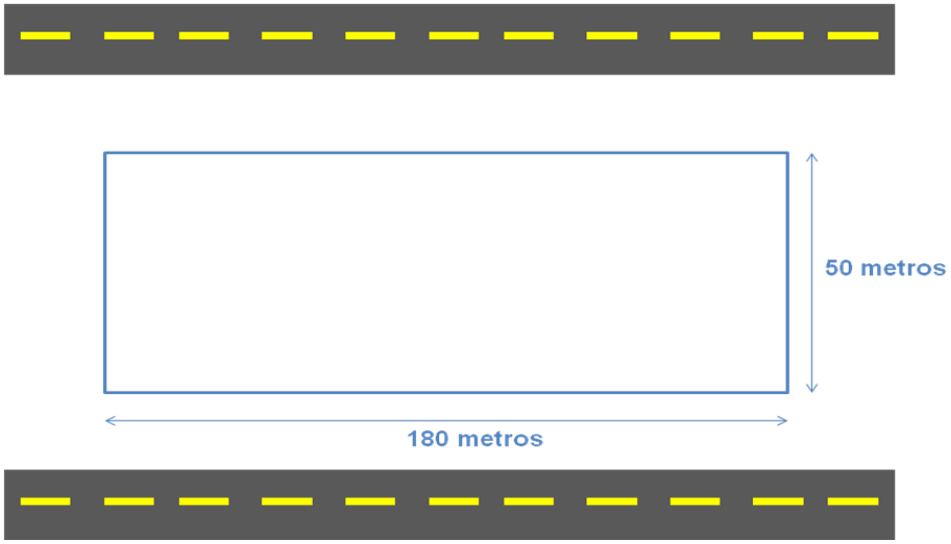


Figura 8. Distribución almacén ejercicio
Figura elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Se espera que el almacén tenga mucha rotación de productos, los cuales llegan en estibas completas. Los clientes de la empresa son pequeñas litografías, a los cuales se les sirven los pedidos en pequeñas unidades. Para despachar estos pedidos se pretende establecer una zona de preparación (Picking) con estanterías dedicadas a esta actividad. En esta zona se colocaran los productos por unidades de carga pequeñas.

El almacenamiento se realizará en estanterías convencionales de 100 metros de largo, 1.4 metros de ancho y capacidad para 300 estibas. Para la distribución se están contemplando dos posibilidades:

a) Establecer una especialización de pasillos, colocando estanterías separadas unas de otras. Baja esta opción, se establecerían pasillos dedicados a la entrada de las estibas y pasillos para reponer la zona de preparación de pedidos. Los pasillos tienen un ancho de 1.5 metros

a) Colocar las estanterías de dos en dos, de tal forma que los pasillos se empleen para la reposición y para la preparación de los pedidos.

Se pide realizar el LAY-OUT del almacén.

Solución:

Se necesitaran 4.200/300=14 estanterías. El espacio requerido para la zona de almacenaje dependerá de la opción elegida:

OPCIOÓN 1

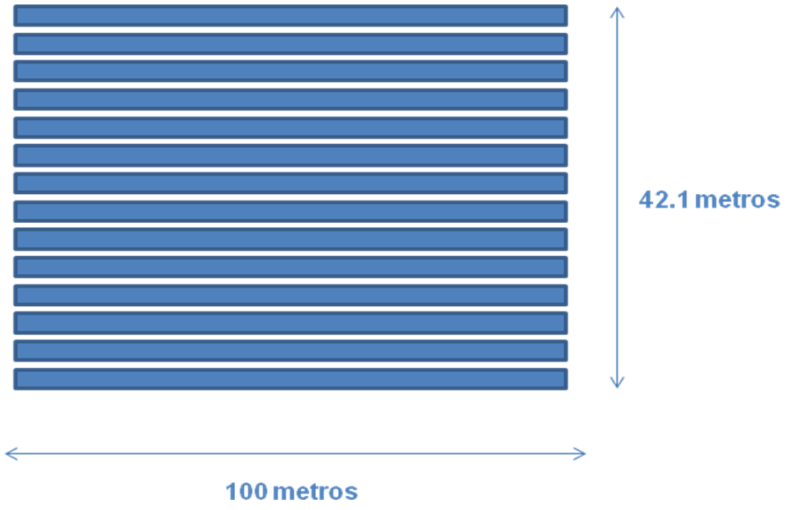


Figura 9. Distribución opción 1
Figura elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Esta opción requiere para la zona de almacenamiento un ancho de 42.1 metros, distribuidos de la siguiente forma:
15 pasillos x 1.5 metros=22.5 metros
14 estanterías x 1.4 metros = 19.6 metros
La superficie de almacenamientos requerida será de 42.1 metros x 100= 4.210m^2.

OPCIÓN 2

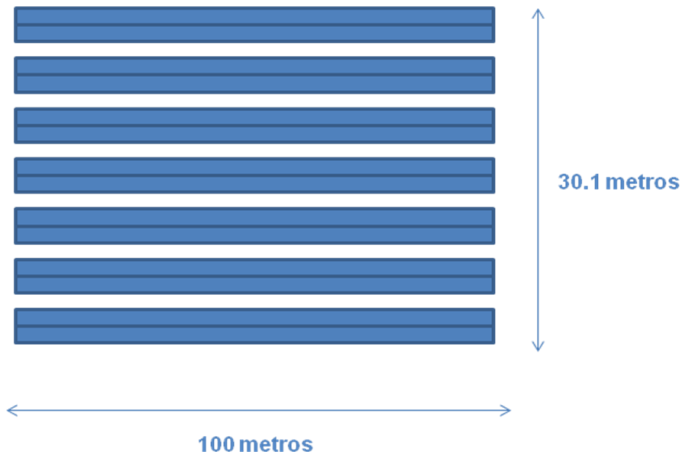


Figura 10. Distribución opción 2
Figura elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

Si se elige este tipo de distribución, el ancho requerido para la zona de almacenaje se reduce, ya que el número de pasillos necesarios son menos que en la opción anterior:

7 pasillos x 1.5 metros=10.5 metros
14 estanterías x 1.4 metros =19.6 metros

En total se necesitarían 30.1 x 100=3.010 m^2, lo cual supone un ahorro de espacio de 1.200 m^2 respecto a la opción 1.

Ambas opciones caben en el espacio disponible para el almacén, pero se elige la opción 1, ya que facilita mucho el movimiento del almacén al tener pasillos específicos para la preparación de los pedidos y para el reabastecimiento de las estibas que se vayan agotando. Si la empresa en un futuro requiere más espacio para más productos, quizás es conveniente emplear la segunda opción.

Una posible distribución del almacén es:

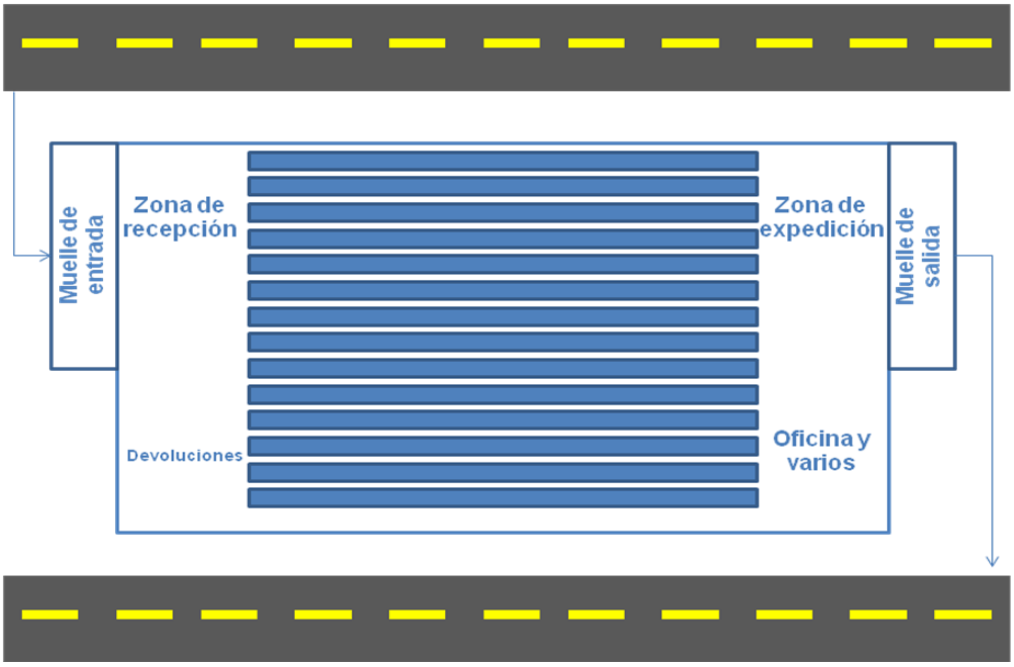


Figura 11. Distribución empresa distribuidora de artículos litográficos
Figura elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo

TIPOS DE ALMACENAMIENTO

- Almacenamiento en bloque: consiste en apilar las mercancías unas encima de otras, formando bloques compactos. Es un sistema que se emplea para mercancía que esta estibada o no. Como ventaja trae que no necesita infraestructura y se puede manipular de forma manual o con máquinas sencillas. Entre las desventajas del uso de este sistema podemos encontrar el deterioro de la mercancía si el embalaje no es consistente, no se puede apilar a mucha altura, pues las mercancías tienen una resistencia determinada.

Figura 12. Almacenamiento en bloque
Figura tomada de http://www.imageafter.com

- Sistema dinámico: en este sistema las estanterías están compuestas por túneles ligeramente inclinados y provistos de rodillos, de tal manera que la introducción de las estibas se realiza por uno de los extremos de las estanterías, colocándose por su propio peso y la ayuda de los rodillos en la cola de línea. La extracción se realiza por el otro extremo de la estantería. Como ventajas tiene que es un sistema rápido, aprovecha más el espacio y permite que la mercancía se renueve. Como desventaja tenemos que la instalación tiene un costo elevado y la mercancía debe ser homogénea.

Figura 13. Sistema de estibas dinámico
Figura tomada de http://www.flickr.com

- Estanterías fijas convencionales: Se basa en estanterías que permiten el acceso a los productos almacenados en ellas a través de distintos pasillos. Como ventajas tenemos la fácil localización de los productos, permite almacenar gran variedad de tipos de unidades

de carga se puede ampliar fácilmente. Como desventaja tenemos que no aprovecha de forma eficiente el espacio porque se requieren muchos pasillos.

Figura 14. Estanterías fijas convencionales
Figura tomada de http://www.flickr.com

- Estanterías móviles: es un sistema compuesto por estanterías convencionales que son colocadas unas junto a las otras dejando solo un pasillo para acceder a ellas. Estas estanterías están montadas sobre rieles que permiten su desplazamiento lateral de forma manual o mecánica, dejando un paso libre para acceder a ellas. Tiene como ventaja que utiliza de forma eficiente el espacio al eliminarse los pasillos. Como desventajas se pueden incluir los elevados costos de instalación y para el acceso a las mercancías normalmente hay que desplazar las estanterías.

- Sistemas robotizados: son sistemas diseñados para aprovechar al máximo la capacidad de la bodega, la cual es automatiza mediante el uso de transelevadores, caminos de rodillos entre otros. Sus ventajas son la reducción de errores y accidentes en el almacén, reducción en el tiempo de manipulación y posibilidad de almacenamiento a grandes alturas, lo que reduce el espacio ocupado por los pasillos de forma considerable. como desventajas tenemos que las estibas deben están estandarizadas y la gran inversión que es necesaria para su montaje y mantenimiento.

Figura 15. Sistemas de almacenamiento robotizado
Figura tomada de http://www.flickr.com

MEDIOS DE MANIPULACIÓN DE PRODUCTOS DENTRO DE LA BODEGA

Los medios que pueden emplearse para la manipulación y transporte de los productos dentro de la bodega son muy variados, los más utilizados son los siguientes:

- Sistema de transporte por rodillos: consiste en caminos preestablecidos que contienen en su parte superior una serie de rodillos de acero o plástico por las cuales se deslizan las cargas mediante la gravedad o motores eléctricos.

- Transportadores aéreos: este sistema mantiene el suelo libre de mercancías. Uno de los equipos empleados se denomina puente-grua. Dicho sistema consiste en una viga que se apoya en dos carriles y que dispone de un motor eléctrico que se mueve a lo ancho de la viga y de in gancho que permite movimientos verticales. Se utiliza cuando hay cargas muy pesadas que no se pueden mover por otros sistemas.

Figura 16. Transportador aéreo
Figura tomada de http://www.flickr.com

- Montacargas: son los medios más empleados en las bodegas para elevar estibas, y su uso también se extiende a otras tareas como transporte de mercancías dentro de la bodega o cargue y descargue de material estibado. Tiene dos barras horizontales planas en su parte frontal llamadas horquillas, montadas sobre un soporte unido a un mástil de elevación para la manipulación de estivas. Las ruedas traseras son orientables para facilitar la maniobra de conducción y recoger las estibas.

Figura17. Montacargas
Figura tomada de http://www.flickr.com

Transpaletas: son un medio con el que se pueden realizar varias tareas dentro de la bodega como cargar y descargar vehículos y trasladar unidades de carga a cortas distancias. Consta de una horquilla de dos brazos paralelos y horizontalmente unidos a un cabezal provisto de ruedas.

Figura 18. Transpaletas eléctrica con operador
Figura tomada de http://www.flickr.com

- Apiladoras: permiten la elevación de estibas a poca altura, sobre todo para sistemas de almacenamiento donde se apilan las cargas unas sobre otras. Una apiladora es similar a una Transpaletas provista de un mástil elevador sobre el que se desliza una horquilla. Las apiladoras pueden ser manuales o mecánicas.

Figura 19. Apiladora
Figura tomada de http://www.flickr.com

- Transelevador: está conformado por una viga vertical guiada por un carril superior y otro inferior situado a lo largo de un pasillo. Por toda la longitud de esta viga, la maquina se desplaza junto con las horquillas.

Ejercicios

1. Una empresa de distribuciones está montando un almacén para un máximo de 3.000 estibas. El almacenaje lo realizara en estanterías de 20 metros de largo y 1.5 metros de ancho. En cada estantería caben 20 estibas en cada altura.

El almacén contara con una zona de preparación de pedidos independiente. Para operar la zona de almacenamiento de forma apropiada, así como trasladar estibas de una zona a otra se están contemplando las siguientes posibilidades:

MEDIO	ANCHO DE PASILLO	NUMERO DE NIVELES QUE PUEDE ELEVAR
Apiladoras	2 metros	2
Transelevadores	1 metro	12
Montacargas	2,5 metros	5

Tabla elaborada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo.

Se desea saber el espacio que requerirá la zona de almacenamiento con cada uno de los medios propuestos.

2. Se tiene un almacén con 5.000 estibas idénticas. Se va a emplear como sistema de manipulación una montacargas convencional que puede levantar hasta 7 niveles, necesitando un pasillo de 2 metros para su manejo. Esta mercancía no requiere zona de preparación de pedidos, por lo que la totalidad de los espacios disponibles serán para el almacenamiento de estibas completas. Los sistemas de almacenamiento disponible son:

a) Estanterías convencionales: tienen capacidad para 30 estibas en cada una de sus niveles, una longitud de 30 metros y un ancho de 1.2 metros
b) Estanterías móviles: tienen las mismas dimensiones y capacidad que la anterior
c) Estanterías dinámicas: tienen 30 espacios en cada nivel y en cada uno de esos espacios caben 8 estibas. La longitud es de 30 metros y la profundidad de 9.6 metros.

Se quiere calcular el espacio que requiere cada uno de los sistemas propuestos. Además calcular el ahorro de espacio respecto a la estantería convencional.

3.3. Transporte

3.3.1. Conceptos de Transporte de Mercancías

Desde el punto de vista logístico, el transporte se define con el grupo de actividades que se desarrollan con el fin de situar los productos en los puntos de destino correspondientes. La definición de transporte incluye todo el proceso desde que la mercancía está en las bodegas del productor hasta que llega a las instalaciones del cliente, incluyendo el tránsito de las mercancías y otras actividades como el cargue y descargue o el acondicionamiento de las cargas.

El transporte junto con los sistemas de almacenamiento, son funciones principales en la red logística. Del transporte puede depender en gran medida que la mercancía llegue en el plazo y en las condiciones que el cliente lo exige. Además, el transporte representa uno de los costos más importantes en las empresas, por lo que es importante conocer y gestionar adecuadamente este tema.

En la actualidad, existen empresas que facilitan las actividades involucradas en el transporte, denominadas operadores de transporte y son básicamente:

- Agencias de transporte de mercancías: son empresas mediadoras en el transporte terrestre por carretera. Sus principales funciones son poner en contacto a las empresas productoras con los transportadores y asumir la responsabilidad del envío.

- Sociedades de intermediación aduanera: las SIAS son empresas intermediarias que ayudan en todo el proceso de importación o exportación de mercancías (http://www.fenalcoantioquia.com/servlets/SeccionesServlet?idSeccion=255)

- Almacenista distribuidor: su función principal es almacenar las mercancías de terceros y distribuirla entre sus clientes.

- Operadores logísticos: los operadores de transporte realizan tareas relacionadas con el transporte y almacenaje de las mercancías para terceros.(http://www.navactiva.com/es/asesoria/concepto-de-operador-logistico_21087)

ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES MEDIOS DE TRANSPORTE

Transporte terrestre por carretera: "es uno de los medios de transporte más empleados, sobre todo para los envíos nacionales" (Mauleon, 2006). Sus principales características son:

- El transporte por carretera es el único capaz de transportar mercancías desde las instalaciones del productor hasta las instalaciones del cliente, sin necesidad de emplear otros medios.

- Agilidad en el cargue y descargue y la libertada de horarios. Estas características hacen que sea un medio con alta disponibilidad.

- En Colombia, el costo es elevado por las condiciones geográficas y demás factores de mantenimiento de los vehículos.

Para contratar los servicios de transporte por carretera se puede acudir a una agencia de transporte o alguno de los operadores logísticos. Existen varios tipos de transporte por carretera:

- Carga completa: es el servicio que ofrecen las empresas de transporte a las empresas que tienen envíos lo suficientemente grandes como para llenar el espacio de uno o varios vehículos.

- Carga fraccionada: se emplea para envíos medios, cuando una empresa no tiene suficiente mercancía para que el transporte le resulte económico, por lo que se junta la mercancía

de varios remitentes para formar un envío de grandes dimensiones, con el fin de ocupar más eficientemente el medio de transporte.

- Servicios de paquetería: se usa para envíos pequeños, y además incluye compromisos de entrega en un periodo determinado.

Los vehículos que pueden emplearse para el transporte terrestre son muy variados, y todos ellos tienen una serie de características dependiendo del tipo de carga a transportar:

- Máxima carga transportada: es el peso máximo que puede transportar un vehículo de carga permitido por el Ministerio de Transporte.
- Tara: es el peso que tiene el vehículo vacío.
- Carga útil: es la diferencia entre la máxima carga autorizada y la tara.
- A continuación, algunos tipos de vehículos disponibles para el transporte de carga por vía terrestre:
- Camión de plataforma abierta

Figura 20. Camión de plataforma abierta
Figura tomada de http://www.flickr.com

- Camión con carrocería con estacas y lona para cubierta
- Camión cerrado tipo furgón, para carga general, refrigerado o isotérmico.

Figura 21. Camión empleado para transporte de carga refrigerada
Figura tomada de http://www.imageafter.com

- Camión tolva

Figura 22. Camión con tráiler tipo tolva
Figura tomada de http://www.flickr.com

- Camión tanque

Figura 23. Camión con tráiler tipo tanque, para el transporte de líquidos
Figura tomada de http://www.flickr.com

- Camión para cargas especiales, como transporte de vehículos, animales, entre otros (http://www.redexpertos.com/propuestas/sabercarga/transporte.html)

Figura 24. Camión con tráiler adaptado para el transporte de maderas
Figura tomada de http://www.flickr.com

Figura 25. Vehículo adaptado para el transporte de carga liviana
Figura tomada de http://www.imageafter.com

Transporte aéreo: "Es el más rápido para los envíos internacionales. Para envíos nacionales no es recomendable por los altos costos que supone" (Mauleon, 2006). Las principales características de este medio son:

- Rapidez
- Seguridad
- Alto costo. Solo se debe emplear cuando la mercancía tiene un alto valor agregado y poco volumen.
- Problemas con las dimensiones.

- Accesible a puntos remotos. Cuando la infraestructura vial del lugar de destino no está lo suficientemente desarrollada, el avión puede convertirse en la única alternativa disponible.

El transporte aéreo se contrata directamente con las compañías aéreas o a través de agencias de carga aérea. Para el transporte aéreo pueden emplearse aviones de pasajeros, mixtos (que transportan carga en las bodegas y pasajeros en la cabina) o cargueros. Para el transporte de contenedores se emplean aviones de fuselaje ancho.

Figura 26. Avión tipo mixto
Figura tomada de http://www.flickr.com

Figura 27. Avión de amplio fuselaje
Figura tomada de http://www.flickr.com

El transporte aéreo presenta muchas limitaciones en cuanto al peso y a las medidas de la carga. Estas limitaciones se deben al peso máximo al despegue, la resistencia del piso de las bodegas o al ancho de las puertas de carga.

Transporte marítimo: "El transporte marítimo se presenta como la alternativa con el costo más reducido por tonelada, comparado con las otras alternativas" (Mauleon, 2006). Sus principales características son:

- Alta capacidad
- Es una de las alternativas para transportar grandes volúmenes de mercancía entre puntos lejanos.
- Bajo costo por tonelada.
- Adaptable a todo tipo de cargas.

El transporte marítimo se puede dividir en dos tipos de tráfico diferenciados:

- Línea regular: ofrece un recorrido periódico por determinadas zonas y puertos. Estas líneas ofrecen a los cargadores servicios de transporte de graneles líquidos, graneles sólidos y carga en general, mediante el uso de contenedores.

Figura 28. Buque con contenedores
Figura tomada de http://www.imageafter.com

- Buques Tramp: es la contratación directa con un naviero del espacio disponible en su buque.

Figura 29. Buque con contenedores y capacidad de transporte de líquidos. Figura tomada de http://www.imageafter.com

FACTORES EN LA ELECCIÓN DE LOS DISTINTOS MEDIOS

Al realizar la elección de un medio u otro de transporte se debe tener en cuenta:

- Cantidad de mercancía a transportar.
- Distancia a recorrer
- Naturaleza de la carga, para determinar el tiempo máximo admisible de transporte y evitar su deterioro.
- Infraestructura del lugar de origen y del sitio de llegada. Hay que tener en cuenta el estado de las vías o la existencia de aeropuertos o puertos.
- Costo de cada alternativa de transporte y la eficiencia que cada una de ellas ofrece.
- Valor del producto que va a ser transportado. También hay que tener en cuenta las condiciones de seguridad que se deseen durante la operación de transporte para evitar robos o pérdidas del producto.

COSTOS DEL TRANSPORTE

El costo del transporte va a depender de muchas variables, entre las que podemos enunciar:

- La distancia del envío: A mayor distancia, mayor será el costo del transporte. También hay que tener en cuenta el tipo de infraestructura del lugar de origen al lugar de llegada del producto.

- Seguridad

- Tiempo de transporte: si se desea acortar el tiempo de transporte, se incrementara el costo del transporte.

- Cantidad: entre mayor sea volumen del envío, se incrementara el costo total del transporte. Si se habla de costo por tonelada, este será menor cuando sea más grande el envío.

- Valor de la mercancía: si la mercancía tiene un alto valor, será más costoso el transporte por el incremento en las primas de seguro de la mercancía.

El costo del transporte también varía dependiendo de quién realice las operaciones. El transporte de mercancía puede hacerse de tres formas:

- Empleando medios propios: el transporte se realiza con los vehículos de la empresa productora. Los costos del transporte están representados en unos costos fijos que no dependen del número de kilómetros recorridos e incluyen personal, impuestos, seguros; y unos costos variables que dependen de la cantidad e kilómetros recorridos e incluyen las compras de insumos, gastos de viaje y los costos del mantenimiento del vehículo.

- Subcontratación del transporte: la distribución de las mercancías se realiza mediante la contratación de empresas dedicadas al transporte de mercancías. El costo de esta alternativa es la tarifa que se paga a las empresas de transporte o a los operadores logísticos. Esta opción es casi la única en el caso de transporte aéreo o marítimo. Las ventajas de esta opción son la flexibilidad de las empresas que prestan el servicio y su habilidad en el tema de logística.

- Distribución mixta: cuando una empresa debe contratar vehículos adicionales a los que ya tiene en su flota para realizar las distribuciones de sus productos.

Ejercicios

1. Explica que medio (o medios) de transporte emplearía para los siguientes tipos de cargas:

a) Envío de animales vivos
b) Transporte de un contenedor de Colombia a Argentina
c) Un paquete urgente de Bogotá a Madrid
d) 10.000 toneladas de carbón
e) Periódicos de Medellín a Barranquilla
f) Reparto de combustible a gasolineras

2. Se quiere contratar el transporte de 50.000 galones de aceite desde Cartagena hasta Medellín, repartidos en 50 tanques de 1.5 metros de altura y una tonelada de peso cada uno. Las posibilidades son:

a) Carretera: $110.000 tonelada, se demora en llegar a la ciudad de destino 2 días. Los costos de administración están incluidos en el valor de la tonelada.
b) Aéreo: $280.000 por tonelada, los costos de administración ascienden al $550.000 pesos adicionales. La carga llega el mismo día en que fue despachada a la ciudad de destino.

Hallar el costo de cada solución, y decir cuál es la más apropiada teniendo en cuenta el tipo de carga, el costo y la demora de la entrega. Justifique su respuesta.

3. Una empresa de distribución de frutas y verduras acaba de abrir un almacén cuyo objetivo es almacenar y repartir sus productos entre los clientes de la zona. Se ha calculado que diariamente se transportaran unas 50 toneladas de productos en distintas rutas que se supone sean 2.000 kilómetros diarios. Para realizar el reparto, la empresa está analizando la opción de comprar los siguientes vehículos:

VEHÍCULO	Carga Máxima	Peso vacío	Costos diarios fijos	Costos variables (por kilómetro)
Ligero	3.500 kg	1.200 kg	$120.000	$7.300
Furgón	6.500 kg	2.500 kg	$210.000	$8.800
Camión	18.000 kg	5.800 kg	$360.000	$9.500

Tabla realizada por la Ingeniera Agroindustrial Laura Marcela Trujillo.

Decidir qué vehículos debe adquirir la empresa para tener la forma más económica de hacer los envíos, teniendo en cuenta que cada vehículo puede recorrer hasta 300 kilómetros diarios.

PROYECTO 6

Visite una empresa (ya sea comercial o industrial), y analice los siguientes aspectos, ilustrando con fotografías (si es posible) y justificando sus respuestas:

1. Tipo de existencias que manejan
2. Tipo de bodega que poseen
3. Operaciones de almacenaje que allí se realizan
4. Tipo de distribución de la bodega
5. Sistema de almacenamiento allí empleado
6. Mencione los recursos humanos presentes en el almacén
7. Explique cómo realizan los despachos de mercancía a su cliente final
8. Recomendaciones para mejorar el almacenamiento y elección del medio de transporte que se debe emplear en la empresa.

3.4. Pistas de Aprendizaje

Tener en cuenta: la empresa se considera un sistema de producción cuya puesta en marcha comprende dos fases principales: la concepción y la planeación de operaciones (como los pronósticos, manejo de inventarios, organización de las tareas de producción).

Traer a la memoria que la planeación agregada tiene que ver con la relación entre la oferta y la demanda a mediano plazo. Los métodos de planeación deben contestar las siguientes preguntas:

a) Qué fecha de entrega prometer?
b) Cuanta capacidad se necesita?
c) Cuando se debe comenzar cada actividad de producción?
d) Como se está seguro que se terminara a tiempo el trabajo?

Tener en cuenta: las diferentes decisiones requieren de métodos de pronósticos diferentes, incluyendo: diseño de proceso, planeación de la capacidad y manejo de inventarios. Los métodos disponibles pueden clasificarse en cualitativos, estadísticos y aritméticos. Al seleccionar el método se debe tener en cuenta: la sofisticación del usuario, el tiempo y los recursos disponibles y la disponibilidad de los datos.

Tenga presente: el inventario es una reserva de materiales empleada para facilitar la producción o para satisfacer la demanda del cliente. Incluyen materia prima, producto en proceso y producto terminado. Los principales problemas en la gestión de inventarios están representados por las preguntas:

a) Cuanto ordenar
b) Cuando ordenar
c) Qué tipo de sistema de control a emplear.

Traer a la memoria: la logística tiene como finalidad resolver los problemas de abastecimiento y distribución. Busca hacer que los productos lleguen al cliente en el menor tiempo posible y satisfacer las necesidades del cliente al mínimo costo.

Tenga presente: Conceptos de Logística y distribución física internacional (http://www.ruedasnegocios.com/172/files/documentosinteres/logisticadistribucioninternacional02.pdf)

3.5. Glosario

Abastecimiento: compra y administración de los bienes y servicios necesarios para la producción.

Cadena de suministro: Movimiento de materiales, fondos, e información relacionada a través del proceso de la logística, desde la adquisición de materias primas a la entrega de productos terminados al usuario final.

Calidad: conjunto de características de un producto que lo hace apto para satisfacer la utilización por un precio determinado.

Correlación: grado de dependencia entre dos variables

Costos fijos: gastos que no varían con el nivel de producción.

Defecto: característica del producto que no satisface la norma prescrita por la especificación.

Justo a tiempo (JIT): estrategia industrial que suaviza el flujo material dentro de las plantas industriales, minimiza la inversión en inventario proporcionando entregas oportunas, secuénciales de producto exactamente donde y cuando se necesita, de una multitud de proveedores.

Índice de productividad: valor relativo de productividad con relación a un estándar.

Inventario: conjunto de productos materiales disponibles en una empresa.

Lote: producto sometido a una evaluación y del cual se presume que el conjunto de unidades es uniforme, es decir, producido en las mismas condiciones.

Planeación de la capacidad: planeación especifica del nivel de recursos.

Producción: proceso de creación, cultivo, fabricación o mejora de bienes y servicios. También hace referencia a la cantidad producida.

Productividad: Cociente resultante de dividir la producción (resultados obtenidos) entre los recursos (insumos utilizados).

Producto: resultado del tratamiento del insumo en un sistema productivo.

Pronóstico: evaluación de eventos futuros con la ayuda de métodos científicos.

Programación: técnicas de distribución, inicio y control de avance de los trabajos a través de las diferentes etapas de producción.

Sistema: conjunto de elementos ordenados e interdependientes.

3.6. Bibliografía

Buffa, S. (1992). Administración de la producción y de las operaciones. México: Limusa-Noriega Editores.

Concepto SIAS. Recuperado el 24 de julio del 2011, del sitio web de Fenalco Antioquia: http://www.fenalcoantioquia.com

Conceptos Administración de operaciones. Recuperado el 23 de julio de 2011, del sitio web: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mepi/de_l_ap/capitulo2.pdf

Conceptos plan maestro de producción. Recuperado el 11 de agosto de 2011 del sitio web: http://losproductoresdeideas.blogspot.com/p/55-plan-maestro-de-produccion.html.

Conceptos de Logística y distribución física internacional. Recuperado el 12 de agosto de 2011, del sitio web: (http://www.ruedasnegocios.com/172/files/documentosinteres/logisticadistribucioninternacional02.pdf)

Control de producción. Recuperado el 11 de agosto de 2011, del sitio web: http://www.monografias.com/trabajos24/control-produccion/control-produccion.shtml.

Chase, J.B. (2005). Administracion de producción y operaciones (8 ed). Mexico: Mc Graw Hill.

DSLC, Consultoría y Sistemas de Logística. (2005). Concepto operador logístico. Recuperado el 21 de julio de 2011 del sitio web de Navactiva: http://www.navactiva.com

Ferreira, Diolinda. (2002). Planeación Agregada. Recuperado el 11 de agosto del sitio web: http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/planagreg.htm.

Gaither, N.(2000). Administración de producción y operaciones (8 ed). Mexico: Thomson Learning.

Ibarra, S. (2009, agosto) . Planificación y control de la producción. Recuperado el 24 de julio de 2011, del sitio web: http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/planeacionycontroldelaproduccion/

López. R. (2006). Operación de almacenaje. Madrid, España: Thomson-Paraninfo

Mauleon, M. (2006). Logística y costos. Madrid, España: Ediciones Diaz de Santos.

Modelos de inventarios. Recuperado el 24 de julio de 2011 del sitio web: http://www.material_logistica.ucv.cl/en%20PDF/Introd_MODELOS%20DE%20INVENTARIO_2004.pdf

Riggs, J. (1998). Sistemas de producción, planeación, análisis y control. México: Limusa-Noriega Editores

Russell, R. (2000). Operations Management. New Jersey, Estados Unidos: Prentice Hall.

Schroeder. R. (1999). Administración de operaciones. Toma de decisiones en la función de operaciones. México: Mc Graw Hill.

Sipper, D. (1998). . Planeación y control de la producción. México: Mc Graw Hill.

Tawfik, L. (1993): Administración de la producción. México: Mc Graw Hill