

Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del  
Estado de México

***APUNTES DE LA ASIGNATURA DE:  
“ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES I”***



PROFESOR:

Ing. Israel Escobar Ojeda

La Paz, Estado de México a 30 de julio de 2011

Índice .....	i
Administración de Operaciones I.....	1
Objetivo general de la asignatura .....	1
Unidad I: Introducción a la administración de las operaciones .....	1
Objetivo particular de la unidad .....	1
1. Introducción a la administración de las operaciones.....	1
1.1 Definición y concepto de los sistemas de producción.....	2
1.1.1 De bienes .....	2
1.1.2 De servicios.....	2
1.2 La historia de la administración de operaciones.....	3
1.3 La evolución de los sistemas de producción.....	3
1.3.1 La producción artesanal. ....	3
1.3.2 La producción en masa .....	3
1.3.3 La producción esbelta. ....	3
1.4 Clasificación de los sistemas de Producción. ....	3
1.4.1 Producto único. ....	4
1.4.2 Por Lote.....	4
1.4.3 Continua.....	5
1.5 Sistemas avanzados de manufactura.....	6
1.6 Actividades principales de la administración de operaciones. ....	6
Ejercicios de la unidad I.....	8
Unidad II: Pronostico de la demanda.....	9

Objetivo particular de la unidad .....	9
2. Pronóstico de la demanda.....	9
2.1 Importancia estratégica del pronóstico. ....	10
2.2 Características de la demanda. ....	11
2.3 Métodos cualitativos.....	11
2.3.1 Consulta a la fuerza de venta. ....	11
2.3.2 Jurado de opinión ejecutiva. ....	12
2.3.3 Método Delphi. ....	12
2.3.4 Investigación de mercado.....	12
2.3.5 Analogía de ciclos de vida.....	12
2.4 Métodos cuantitativos.....	13
2.4.1 Series de tiempo.....	13
2.4.1.1 Promedios móviles simples. ....	13
2.4.1.2. Promedios móviles ponderados.....	17
2.4.1.3 Suavización exponencial. ....	20
2.4.1.4 Tendencia lineal. ....	22
2.4.2 Relaciones Causales.....	22
2.4.2.1 Regresión simple.....	22
2.4.2.2 Regresión múltiple.....	25
2.5 Monitoreo y control de los pronósticos. ....	26
2.6 Pronósticos con computadora. ....	26
Ejercicios de la unidad 2.....	27

Unidad III: Planeación de la Capacidad.....	28
Objetivo particular de la unidad .....	28
3. Planeación de la capacidad.....	28
3.1 Medidas de la capacidad.....	28
3.2 Teoría de restricciones.....	28
3.3 Economías de escala.....	29
3.4 Herramientas para la planeación de la capacidad.....	29
3.4.1 Modelos de líneas de espera.....	36
3.4.2 Simulación.....	44
3.4.3 Árboles de decisión.....	45
Ejercicios de la unidad 3.....	48
Unidad IV: Planeación de la Capacidad.....	49
Objetivo particular de la unidad .....	49
4 Administración de Inventarios.....	49
4.1 Definición y tipos de inventarios.....	49
4.2 Ventajas y desventajas de los inventarios.....	49
4.3 Administración de los inventarios.....	50
4.3.1 Tipos de costos.....	50
4.3.2 Clasificación ABC.....	51
4.3.3 Importancia de la exactitud de los registros.....	54
4.3.4 Recuento cíclico.....	54

4.4 Modelos de inventarios determinísticos.....	55
4.4.1 Modelos de Cantidad Optima del Pedido.....	55
4.4.2 Modelo con Descuentos .....	58
4.4.3 Modelo de producción y consumo .....	60
4.4.4 Modelo con faltantes .....	63
4.5 Modelos de inventarios probabilísticos .....	65
4.5.1 Nivel de servicio e inventario de seguridad.....	67
4.5.2 Modelo de Cantidad Fija.....	67
4.5.3 Modelo de Periodo Fijo.....	68
Ejercicios de la unidad 4.....	69
5. Administración de Almacenes. ....	70
5.1 Funciones del almacén.....	70
5.1.1 Manejo físico de los inventarios.....	71
5.1.2 Recepción .....	72
5.1.3 Organización .....	72
5.1.4 Despacho. ....	73
5.1.5 Mantenimiento de registros .....	73
5.2 Localización y distribución de los almacenes .....	74
5.3 Selección de Mobiliario y Equipo de almacén.....	74
5.4 Sistemas informáticos de administración de inventarios.....	75
Respuestas a algunas actividades .....	77
Bibliografía y/o referencias .....	78

## Administración de Operaciones I

### Objetivo general de la asignatura

1. Utilizará técnicas de pronósticos y de planeación de la capacidad para tomar decisiones en la administración de sistemas de producción de bienes y servicios.
2. Aplicará técnicas de inventarios y de administración de almacenes para optimizar los sistemas de almacenamiento.

### Unidad I: Introducción a la administración de las operaciones.

#### Objetivo particular de la unidad

Conocerá las diferencias de los sistemas de producción y analizará sistemas reales, así como las funciones principales desarrolladas en la administración de operaciones.

#### 1. Introducción a la administración de las operaciones.

La administración de las operaciones es el área dentro de la empresa de planificar, producir o fabricar y distribuir, bienes de producción que cumplan las especificaciones, controles y expectativas de: costos, calidad, cantidad y tiempo, mediante el uso sistematizado de técnicas y herramientas de la ingeniería y la administración.

##### 1.1 Definición y concepto de los sistemas de producción.

Sistema: Conjunto de elementos que interactúan entre sí, para un fin común.

Producción: Es la suma de esfuerzos sistematizados de ingeniería, que se efectúan sobre una materia prima mediante el uso de diversas técnicas, con objeto de transformarla en un producto terminado de mayor valor (UPDCE 2006:5).

Por lo tanto, sistema de producción: es el esfuerzo de los diferentes entes de una industria para la transformación de la materia prima en un producto con valor.

Un sistema de producción le otorga a un empresario o fabricante una estructura que facilita la descripción y ejecución de un proceso productivo. Un sistema de producción también implica facilidades para la definición de reglas, mecanismos para acceder a una o más bases de conocimientos y datos; especificar una estrategia de control de cómo cada regla debe ser procesada y así resolver conflictos que puedan presentarse.

Existen dos tipos de sistemas de producción: la transformación (bienes) y el comercio (servicios).

### 1.1.1 De bienes.

Aquí se transforma la materia prima en un producto terminado.

### 1.1.2 De servicios.

Se trata de empresas que venden bienes o servicios, es decir, compran productos para después comercializarlos.

## 1.2 La historia de la administración de operaciones.

Las actividades productivas son el fundamento del sistema económico de una nación. Ellas transforman los recursos, así como el capital.

La máquina de vapor de James Watt (1764) incremento el uso de la potencia mecánica y Adam Smith (1776) difundió las ventajas de la división del trabajo. La constitución de los estados unidos (1789) impulso la inversión de capital y comercio, y la guerra civil, junto con la expansión del sistema ferroviario apresuro el desarrollo industrial. El crecimiento del sistema fabril fue rápido, debido a que no existía un sistema de producción bien establecido al cual reemplazar, y la mano de obra no calificada estaba disponible.

En 1790 Eli Whitney, un inventor estadounidense, desarrollo el principio de las piezas intercambiables. Whitney diseño rifles que deberían fabricarse para el gobierno de los estados unidos en una línea de ensamble, de manera que las piezas se producían de acuerdo con tolerancias que permitían que cada una de ellas ajustara desde el primer momento. Este método de producción desplazo los antiguos métodos, ya sea de seleccionar las piezas para encontrar aquella que ajustara o de modificarla de manera que ajustara.

En 1890 los trabajos de Frederick Taylor iniciaron la era científica, y le dieron el título de "padre de la administración científica". Una vez que fueron

desarrollados mejores controles automáticos y maquinas, gran parte del esfuerzo productivo apunta a la producción en masa de productos semejantes.

### 1.3 La evolución de los sistemas de producción.

Según la historia, las formas de producción han tenido avances, según el aprovechamiento de sus recursos, como se indica en el punto 1.3.1, 1.3.2 y 1.3.3.

#### 1.3.1 La producción artesanal.

La producción artesanal –donde la producción la realizaba una sola persona, desde su inicio hasta su final; claro está que eran productos únicos-

#### 1.3.2 La producción en masa.

La producción en masa –se origino gracias a la revolución industrial, con los avances tecnológicos de esos tiempos, se pudo dar una producción más continua; generalmente se trabajaba por medio de cierta especialización del trabajo, es decir: se producía en lotes por un grupo de personas-

#### 1.3.3 La producción esbelta.

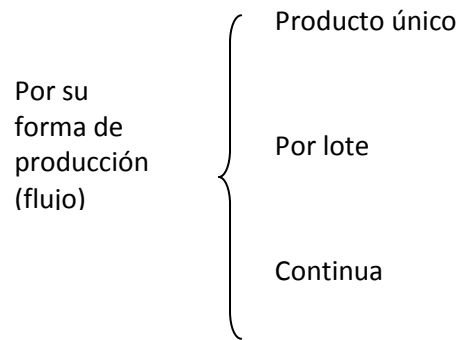
Después, la producción esbelta –tuvo su origen al final de la segunda guerra mundial, al perder Japón, en la empresa Toyota surge la necesidad de producir con más agilidad (sin obstrucciones) y con cero desperdicios.

Recapitulando lo anterior podemos destacar que los avances en la forma de producir son gracias a la explotación de la tecnología, al trabajo que tiene una mejora continua, a la filosofía de cero desperdicios y al máximo aprovechamiento de todos los dispositivos actuales.

### 1.4 Clasificación de los sistemas de Producción.

Pueden existir varias clasificaciones de los sistemas de producción, la primera es





### 1.4.1 Producto único.

#### **Características del producto**

Tipo de pedido: Una sola unidad  
 Flujo del producto: Ninguno  
 Variedad del producto: Muy alta  
 Tipo de mercado: Único  
 Volumen: Una sola unidad

#### **Características de la mano de obra**

Habilidades: Altas  
 Tipo de tarea: No rutinarias  
 Salario: Alto

#### **Características del capital**

Inversión: Baja  
 Inventario: Medio  
 Equipo: Para propósitos generales

#### **Objetivos**

Flexibilidad: Alta  
 Costo: Alto  
 Calidad: Variables  
 Servicio: Bajo

#### **Control**

Planeación: Medio  
 Producción: Bajo  
 Calidad: Bajo  
 Inventario: Bajo

### 1.4.2 Por Lote.

#### **Características del producto**

Tipo de pedido: Lote  
 Flujo del producto: Desordenado  
 Variedad del producto: Alta  
 Tipo de mercado: Por cliente  
 Volumen: Medio

#### **Características de la mano de obra**

Habilidades: Altas  
 Tipo de tarea: No rutinarias  
 Salario: Alto

#### **Características del capital**

Inversión: Media  
 Inventario: Alto  
 Equipo: Para propósitos generales

#### **Objetivos**

Flexibilidad: Media  
 Costo: Medio  
 Calidad: Variable  
 Servicio: Medio

#### **Control**

Planeación: Medio  
 Producción: Medio  
 Calidad: Medio  
 Inventario: Medio

### 1.4.3 Continua.

#### **Características del producto**

Tipo de pedido: Lotes grandes  
 Flujo del producto: En secuencia  
 Variedad del producto: Baja  
 Tipo de mercado: Masivo  
 Volumen: Alto

**Características de la mano de obra**

Habilidades: Bajas  
 Tipo de tarea: Repetitiva  
 Salario: Bajo

**Características del capital**

Inversión: Alta  
 Inventario: Bajo  
 Equipo: Para propósitos especiales

**Objetivos**

Flexibilidad: Baja  
 Costo: Bajo  
 Calidad: Constante  
 Servicio: Alto

**Control**

Planeación: Fácil  
 Producción: Fácil  
 Calidad: Fácil  
 Inventario: Fácil

**1.5 Sistemas avanzados de manufactura.**

La Tecnología avanza cada vez más rápido con el paso del tiempo, y esto nos ayuda a facilitar la vida cotidiana, así como una producción más eficaz y veloz en las empresas.

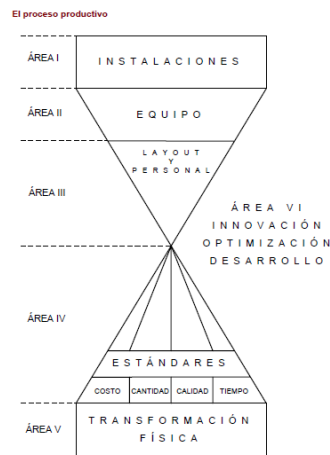
Hay aditamentos para maquinas que nos reducen el esfuerzo humano, y también nos ayudan a tener una producción en menor tiempo, lo que nos genera por consiguiente mayores utilidades. Las maquinas nos han facilitado de manera muy amplia al desarrollo industrial y económico de las empresas, por ello se podría decir que juegan un papel muy importante y son un pilar para el desarrollo tecnológico. Un ejemplo de esto, son las maquinas -torno, fresa, etc.- CNC (control numérico por computadora); diseñadas para la producción en masa, además de facilitar algunos trabajos que son casi imposibles de realizar, en algún otro tipo de máquina.

**1.6 Actividades principales de la administración de operaciones.**

Las principales actividades que contempla la administración de operaciones son:

- a) Planeación de la producción
- b) Planeación de los inventarios
- c) Compras
- d) Producción
- e) Control de calidad
- f) Nuevos productos
- g) Mantenimiento
- h) Distribución del producto y,
- i) Manejo de almacenes.

Estas actividades tienen que atender las áreas que se muestran en la siguiente figura (updce 2006:9):



## Ejercicios de la unidad I

### Actividad 1. Cuestionario 1.

1. Ejemplifica un sistema de producción y, menciona algunas de sus características.
2. ¿Cuál es el desarrollo histórico de los sistemas de producción?
3. Elige una forma de producción por pedido y explícala con un ejemplo.
4. ¿De qué forma se relaciona el proceso administrativo con la administración de operaciones?

## Unidad II: Pronostico de la demanda.

### Objetivo particular de la unidad

Conocerá y aplicara adecuadamente los métodos de pronóstico de la demanda para planear la actividad futura de la empresa.

### 2. Pronóstico de la demanda.

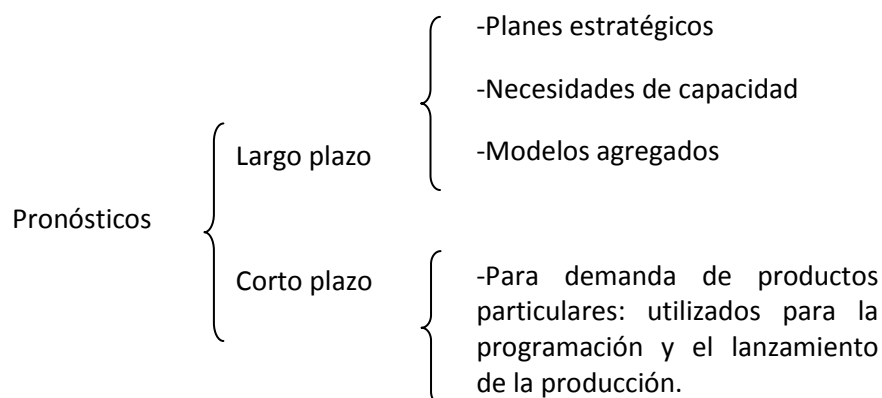
Introducción: El punto de inicio en los sistemas de planificación se da a partir de la demanda real o esperada de los clientes. Sin embargo, en casi todos los casos el tiempo necesario para generar y entregar el producto que el servicio exceda las expectativas del cliente. Así, la producción deberá iniciar a partir de la demanda esperada o, en otras palabras, de un pronóstico de la demanda.

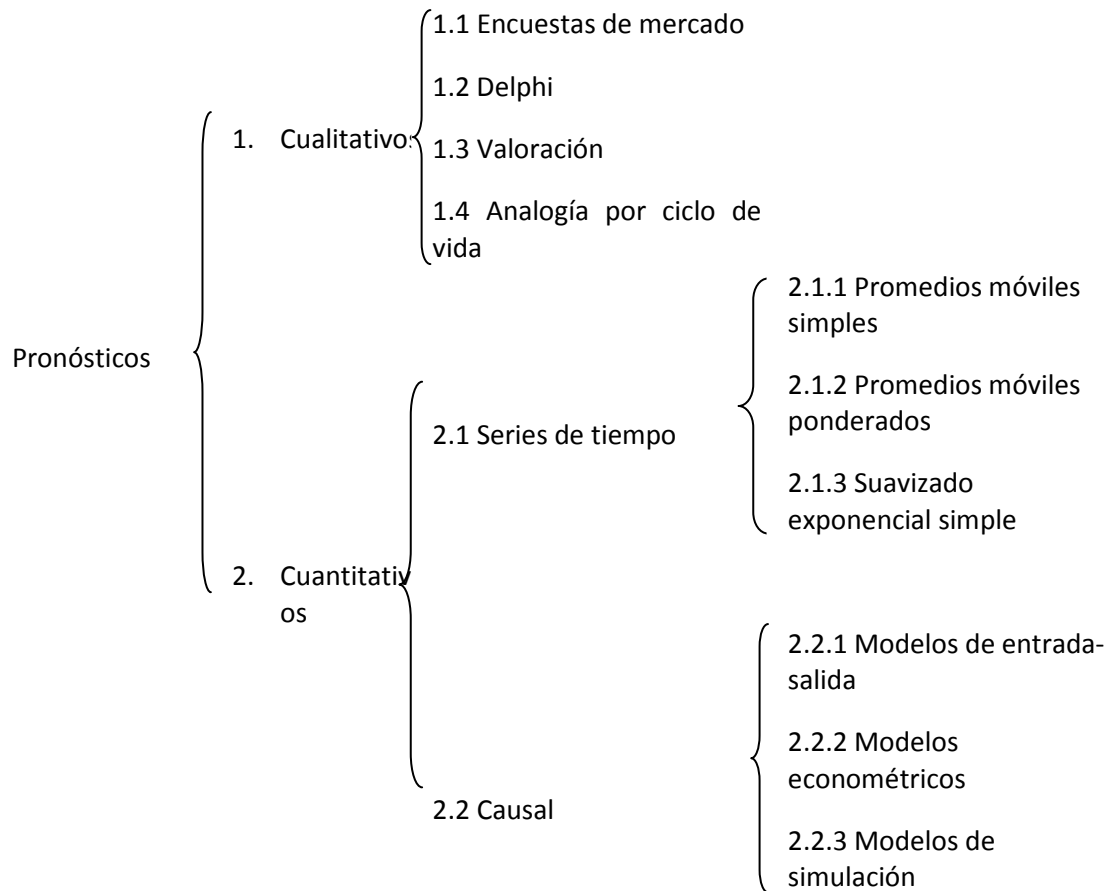
Pronóstico: es el proceso de estimación en situaciones de incertidumbre.

Leyes fundamentales de los pronósticos:

- 1) Todos los pronósticos están equivocados.
- 2) Todos los pronósticos cambian.
- 3) Alguien (usted) será finalmente responsable por el acierto del pronóstico.

Existen varias clasificaciones de pronósticos, para fines de este curso solo se mencionaran dos:





## 2.1 Importancia estratégica del pronóstico.

El objetivo de un pronóstico es reducir la incertidumbre acerca de lo que puede acontecer en el futuro proporcionando información cercana a la realidad, que permita tomar decisiones.

La formulación de pronóstico (o proyección) es una técnica para utilizar experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro.

En las organizaciones los pronósticos se utilizan para tres propósitos importantes:

- 1) Decidir si la demanda es suficiente para justificar la entrada al mercado.
- 2) Determinar las necesidades a largo plazo de la capacidad para el diseño de instalaciones.
- 3) Determinar las fluctuaciones a corto plazo en la demanda para la planeación de la producción, la programación de la fuerza de trabajo, la planeación de los materiales y otras necesidades.

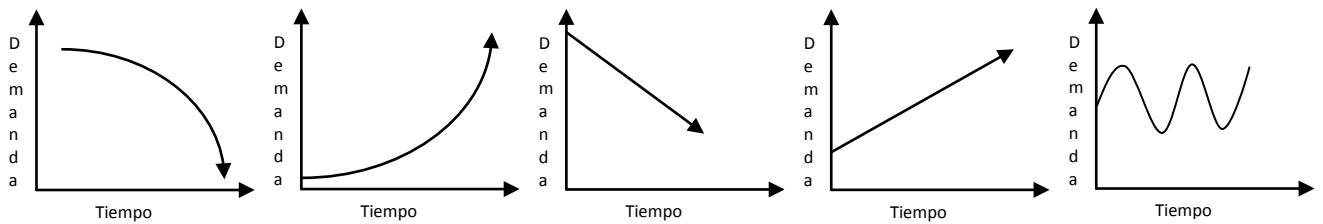
## 2.2 Características de la demanda.

**Demanda:** Cantidad de un bien de consumo que se desea comprar por un mercado.

Existen dos tipos de demanda:

1. **Demanda dependiente:** Es la demanda de un producto o servicio que se deriva de la demanda de otros productos o servicios.
2. **Demanda independiente:** Esta demanda no se deriva directamente de la de otros productos.

Los pronósticos de la demanda pueden ser crecientes o decrecientes, y tener naturaleza lineal o no lineal.



## 2.3 Métodos cualitativos.

Se generan a partir de información que no tiene una estructura analítica bien definida. Este tipo de pronóstico resulta útil cuando no se tiene disponibilidad de información histórica.

### 2.3.1 Consulta a la fuerza de venta.

**Valoración.** Se encuentra entre los métodos de pronósticos más comúnmente utilizados, pero por desgracia también está entre los menos confiables. Ya que está basado en la experiencia profesional de cada persona, y muchas veces nos traiciona el estado de ánimo.



### 2.3.2 Jurado de opinión ejecutiva.

Según el Ing. Roger Cohen se agrupan las opiniones de un grupo de expertos de alto nivel o de directivos, a menudo en combinación con modelos estadísticos. Hay que tener en mente las desventajas de la interacción grupal en este sentido: que haya mucha gente no garantiza que haya opiniones conocedoras realmente del tema; las posiciones muy probablemente escondan intereses personales o simplemente no sean enunciadas por miedo a contrariar a la mayoría; hay gran vulnerabilidad a la posición y personalidad de algunos de los individuos, sea por sus aptitudes de manejo de grupos o simplemente por la jerarquía organizacional... Es clave entonces la correcta elección de los participantes.

### 2.3.3 Método Delphi.

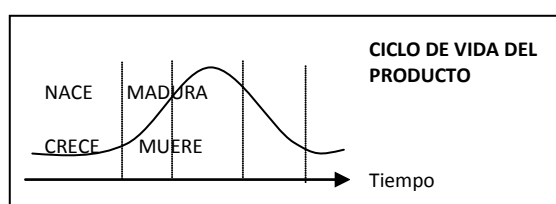
Utiliza paneles de expertos específicos en el área para la cual se desarrolla la encuesta, donde cada experto desarrolla su propio pronóstico; después, el conjunto de pronósticos generados por la colectividad es distribuido entre todos los expertos, lo cual permite que cada uno modifique sus proyecciones con base en la información de los demás. La idea es obtener, mediante la repetición de esta serie de pasos, un consenso acerca del pronóstico.

### 2.3.4 Investigación de mercado.

Encuesta del mercado. Son cuestionarios estructurados que se envían a los clientes potenciales del mercado. En ellos se solicita su opinión acerca de productos o productos potenciales, y muchas veces intentan también averiguar la probabilidad de que los consumidores demanden ciertos productos o servicios.

### 2.3.5 Analogía de ciclos de vida.

Es utilizado cuando el producto es nuevo. El concepto es bastante simple: se basa en el hecho de que casi todos los productos y servicios tienen un ciclo de vida bien definido.



## 2.4 Métodos cuantitativos.

Estos por el contrario de los pronósticos cualitativos, si necesitan datos históricos para su análisis.

### 2.4.1 Series de tiempo.

Todos los pronósticos de serie de tiempo parten, básicamente, de un supuesto común: que la demanda pasada sigue cierto patrón, y que si este patrón puede ser analizado podrá utilizarse para desarrollar proyecciones para la demanda futura, suponiendo que el patrón continúa aproximadamente de la misma forma.

Casi todos los modelos de pronósticos de serie de tiempo intentan capturar de manera matemática los patrones subyacentes de la demanda pasada.

#### 2.4.1.1 Promedios móviles simples.

Como su nombre lo indica, nada más que el promedio matemático de los últimos periodos recientes de la demanda real. La ecuación general para obtenerlos tiene la siguiente forma:

$$F_t = \frac{A_{t-n} + A_{t-(n+1)} + \dots + A_{t-1}}{n}$$

Donde:

F es el pronóstico.

t es el periodo de tiempo actual, lo que significa que Ft es el pronóstico para el periodo de tiempo actual.

At es la demanda real en el periodo t, y

n es el numero de periodos que se utiliza

Ejemplo:

Periodo	Demanda	Pronóstico Móvil de 4 periodos
1	24	
2	26	
3	22	
4	25	
5		?

$$F_5 = \frac{25 + 22 + 26 + 24}{4} = 24.25$$

Los promedios móviles simples por lo general no deben utilizarse para pronosticar la demanda, cuando la información claramente sigue algún tipo de tendencia o patrón cíclico regular.

El término móvil indica que conforme se tiene disponible una nueva observación de la serie de tiempo, se reemplaza la observación más antigua de la ecuación y se calcula un nuevo promedio. Como resultado, el promedio cambiará; es decir, se moverá, al ir quedando disponibles nuevas observaciones.

Un promedio móvil simple resultará siempre menor que los datos en aumento y mayor que los datos en disminución. Por lo tanto, si aparecen amplias elevaciones o caídas, los promedios móviles simples no se desempeñarán bien. Se ajustan mejor a datos con pequeñas variaciones, dando alguna estabilidad frente a perturbaciones aleatorias.

Ejemplo:

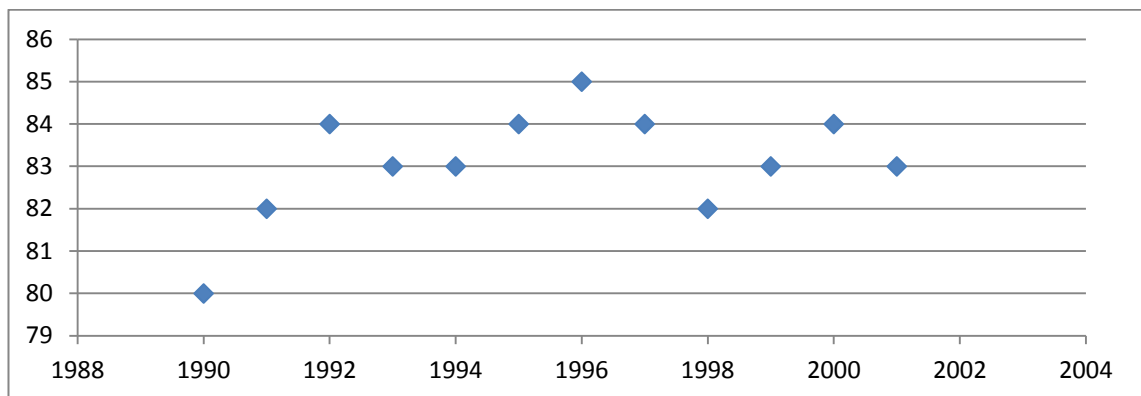
Considere los datos de una empresa de traslado de mercancías a través de tráileres, cada uno de estos representa un envío. Los datos históricos se muestran en el siguiente cuadro:

<b>ENVIOS</b>	
<b>1990</b>	80
<b>1991</b>	82
<b>1992</b>	84
<b>1993</b>	83
<b>1994</b>	83
<b>1995</b>	84
<b>1996</b>	85
<b>1997</b>	84
<b>1998</b>	82
<b>1999</b>	83
<b>2000</b>	84
<b>2001</b>	83
<b>2002</b>	

La empresa quiere saber cuál será su presupuesto de operaciones del próximo año (2002), y para ello es necesario pronosticar los envíos del año 2002.

Pasos para resolver.

1. Realizar un diagrama de dispersión, para observar que no existan grandes tendencias.



2. Realice cálculos para el pronóstico de por lo menos dos móviles ( $n=2$ ,  $n=3$ ,  $n=4$ , etc.).

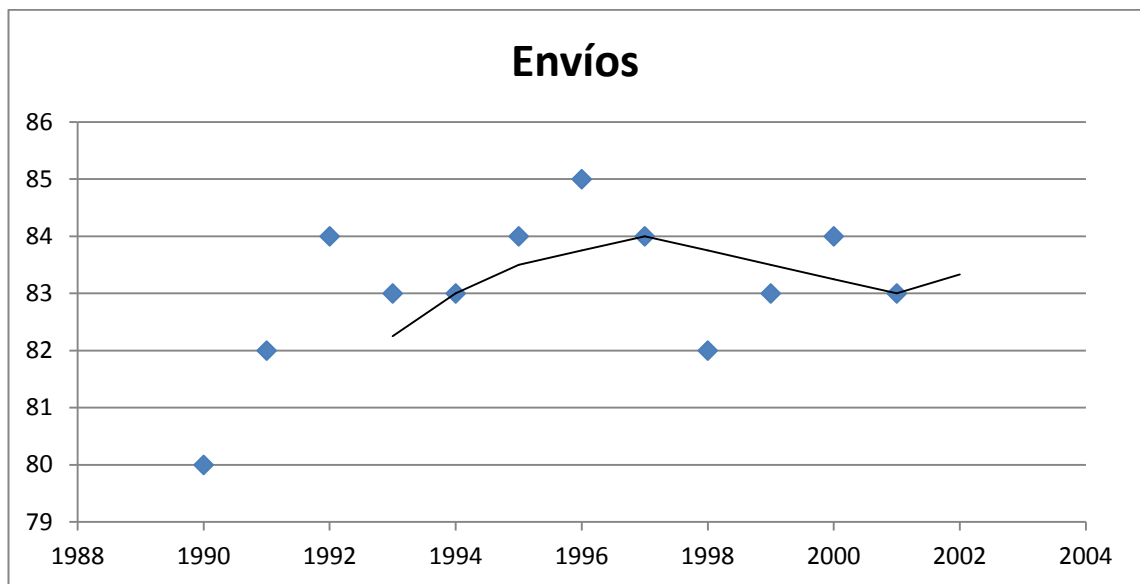
Ej.

Para calcular la media móvil centrada en tres observaciones se requiere, primero, sumar los tres primeros datos (80; 82 y 84); la suma aparece como el primer dato de la columna total móvil de tres años (246). Este total se divide entre tres (número de observaciones) obteniendo como resultado 82.0, que es el primer número en la columna media móvil de tres años. Este número suavizado (82.0), es la previsión para el periodo 1993.

Realice esta secuencia hasta llegar al año a pronosticar (en este caso el valor final de la columna media móvil de tres años (83.3) es la proyección para el año 2002).

Envíos	móvil de 2 años			móvil de 3 años			móvil de 4 años			móvil de 5 años		
	suma	pronóstico	error cuadrático	suma	pronóstico	error cuadrático	suma	pronóstico	error cuadrático	suma	pronóstico	error cuadrático
1990												
80												
1991	162											
82												
1992	166	81.00	9.00	246								
84												
1993	167	83.00	0.00	249	82.00	1.00	329					
83												
1994	166	83.50	0.25	250	83.00	0.00	332	82.25	1.02	412		
83												
1995	167	83.00	1.00	250	83.33	0.45	334	83	1.02	412	82.4	2.55
84												
1996	169	83.50	2.25	252	83.33	2.79	335	83.5	1.04	416	82.4	6.75
85												
1997	169	84.50	0.25	253	84.00	0.00	336	83.75	1.01	419	83.2	0.63
84												
1998	166	84.50	6.25	251	84.33	5.43	335	84	0.95	419	83.8	3.23
82												
1999	165	83.00	0.00	249	83.66	0.44	334	83.75	0.98	418	83.8	0.63
83												
2000	167	82.50	2.25	249	83.00	1.00	333	83.5	1.01	418	83.6	0.16
84												
2001	167	83.50	0.25	250	83.00	0.00	332	83.25	0.99	418	83.6	0.35
83												
2002		83.50			83.33			83			83.6	
		$\Sigma$ EC	21.50		$\Sigma$ EC	11.11		$\Sigma$ EC	8.02		$\Sigma$ EC	14.3
		ECM	2.15		ECM	1.23		ECM	1		ECM	2.04
		RECM	1.46		RECM	1.1		RECM	1		RECM	1.42

- Determine los errores cuadráticos. A la demanda real réstele el pronóstico que corresponda al mismo año y, el resultado elévelo al cuadrado.
- Realice una suma de los errores cuadráticos ( $\Sigma$  EC) correspondientes a cada móvil.
- Calcule el error cuadrático medio (ECM). Es la suma de los errores cuadráticos divididos entre el total de los errores cuadráticos.
- Determine la raíz del error cuadrático medio (RECM). Es la raíz del ECM.
- Elija el pronóstico que tenga la RECM más pequeña; dado a que es la menor variación que se presenta en los pronósticos. Para nuestro ejemplo: la RECM más pequeña es uno; por lo que el pronóstico más adecuado es el del móvil 4, es decir el pronóstico es de 83 envíos.
- Grafique nuevamente, ahora incluyendo la línea de tendencia (media móvil).



### 2.4.1.2. Promedios móviles ponderados.

Son básicamente lo mismo que los promedios móviles simples, aunque con una excepción importante. Con los promedios móviles ponderados el peso asignado a cada punto de demanda pasado que se utilice en el cálculo puede variar. De esta forma es posible asignar mayor influencia a ciertos puntos de información, por lo general al punto de demanda más reciente. Por lo que el criterio que supone que los datos más recientes contienen mayor información y por lo tanto, son más importantes que los datos más antiguos, puede ponerse en práctica con un promedio móvil ponderado.

La ecuación básica para calcular promedios móviles ponderados es el siguiente (la  $w$  viene de weight, peso):

$$F_t = w_1A_{t-1} + w_2A_{t-2} + \dots + w_nA_{t-n}$$

$$\text{donde } \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Ejemplo:

Considere los datos del ejemplo anterior:

ENVIOS	
<b>1990</b>	80
<b>1991</b>	82
<b>1992</b>	84
<b>1993</b>	83
<b>1994</b>	83
<b>1995</b>	84
<b>1996</b>	85
<b>1997</b>	84
<b>1998</b>	82
<b>1999</b>	83
<b>2000</b>	84
<b>2001</b>	83
<b>2002</b>	

Pasos para resolver.

1. Realizar un diagrama de dispersión.
2. Determine las ponderaciones.

Ej.

Para un móvil de tres años. Según nuestros datos, para el año 1993, los datos más recientes contienen mayor información.

ENVIOS	
<b>1990</b>	80
<b>1991</b>	82
<b>1992</b>	84
<b>1993</b>	

Es decir, el 84 tendría mayor información por ser más reciente por lo que a este se le asignaría el 3 (dato asignado por el móvil de 3 años), al 82 se le asigna el número 2 y al 80 se le asigna el número uno. Es decir se le asigna el peso según el criterio de la mejor información dada. Recuerde que las ponderaciones deben sumar uno, por lo que nosotros tendremos que dividir este número asignado entre el total de la suma de estos ( $3+2+1=6$ ). Por lo que:

$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = \frac{3}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6} = 1$$

3. Realice cálculos para el pronóstico de por lo menos dos móviles (n=2, n=3 n=4, etc.).

Ej.

Para calcular la media móvil ponderada de tres observaciones se requiere, hacer uso de la ecuación y utilizar las ponderaciones asignadas, como se muestra a continuación:

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n} = \frac{3}{6} \times 84 + \frac{2}{6} \times 82 + \frac{1}{6} \times 80 = 82,670$$

Este es el primer número en la columna media móvil de tres años. Este número suavizado (82,670), es la previsión para el periodo 1993. Realice esta secuencia hasta llegar al año a pronosticar (en este caso el valor final de la columna media móvil ponderado de tres años (83,330) es la proyección para el año 2002).

	Móvil 3 años			Móvil 4 años	
	ENVIOS	PRONOSTICO	ERROR CUADRATICO	PRONOSTICO	ERROR CUADRATICO
1990	80				
1991	82				
1992	84				
1993	83	82,670	0,109		
1994	83	83,170	0,029	82,800	0,040
1995	84	83,170	0,689	83,100	0,810
1996	85	83,500	2,250	83,500	2,250
1997	84	84,330	0,109	84,100	0,010
1998	82	84,330	5,429	84,200	4,840
1999	83	83,170	0,029	83,400	0,160
2000	84	82,830	1,369	83,100	0,810
2001	83	83,330	0,109	83,300	0,090
2002		83,330		83,200	
		Σ EC	10,121		9,010
		ECM	1,125		1,126
		RECM	1,060		1,061



4. Determine los errores cuadráticos. A la demanda real réstele el pronóstico que corresponda al mismo año y, el resultado elévelo al cuadrado.
5. Realice una suma de los errores cuadráticos ( $\Sigma EC$ ) correspondientes a cada móvil.
6. Calcule el error cuadrático medio (ECM). Es la suma de los errores cuadráticos divididos entre el total de los errores cuadráticos.
7. Determine la raíz del error cuadrático medio (RECM). Es la raíz del ECM.
8. Elija el pronóstico que tenga la RECM más pequeña; dado a que es la menor variación que se presenta en los pronósticos. Para nuestro ejemplo: la RECM más pequeña es 1,060; por lo que el pronóstico más adecuado es el del móvil 3, es decir el pronóstico es de 83,330 envíos.
9. Grafique nuevamente, ahora incluyendo la línea de tendencia ponderada (media móvil).

#### 2.4.1.3 Suavización exponencial.

El suavizado exponencial simple es otro método utilizado para suavizar las fluctuaciones aleatorias en el patrón de demanda. Las dos formulas (matemáticamente equivalentes) que se emplean más comúnmente para calcularlo son:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$F_t = \alpha A_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad \dots\dots\dots(2)$$

*donde:*  
 $0 \geq \alpha \leq 1$

El valor de alfa ( $\alpha$ ) siempre se encuentra entre cero y uno, dado a que si equivale a cero no se añade ninguna parte del error y el pronóstico siempre es el mismo número, mientras que si equivale a uno se añadirá el error completo del pronostico y no se realizaría ninguna suavización.

Se ejemplificara con el ejercicio de la unidad:

Utilizando  $\alpha$  como 0.2, 0.5 y 0.8; para ver cómo se comporta el pronóstico, dependiendo del error.

Primeramente, se debe de calcular el primer pronóstico con alguno de los métodos anteriores (promedio móvil simple o promedio móvil ponderado), en este ejemplo se realizó con un promedio móvil simple para el año 1993.

$$(80+82+84)/3=82$$

A partir de este se tiene que seguir la formula (para este caso se utilizó la ecuación 1):

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

Determinar la diferencia de la demanda anterior con el pronóstico anterior

$$A_{t-1} = 83$$

$$F_{t-1}=82$$

$$83-82=1$$

Obtener el error cuadrático

$$1*1=1$$

Multiplicar por  $\alpha$ , para obtener el error

Para la primer columna con  $\alpha=0.2$

$$0.2*1=0.2$$

Sumar el error con el pronóstico anterior, y así obtener el nuevo pronóstico

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

$$F_{1994} = 82 + 0.2 = 82.2$$

Hasta llegar al pronóstico de 2002.

AÑO	ENVIOS	0.2		0.5		0.8	
		pronóstico	error cuadrático	pronóstico	error cuadrático	pronóstico	error cuadrático
1990	80						
1991	82						
1992	84						
1993	83	82.000	1.000	82.000	1.000	82.000	1.000
1994	83	82.200	0.640	82.500	0.250	82.800	0.040
1995	84	82.360	2.690	82.750	1.563	82.960	1.082
1996	85	82.688	5.345	83.375	2.641	83.792	1.459
1997	84	83.150	0.722	84.188	0.035	84.758	0.575
1998	82	83.320	1.742	84.094	4.385	84.152	4.631
1999	83	83.056	0.003	83.047	0.002	82.430	0.325
2000	84	83.045	0.912	83.024	0.953	82.886	1.241
2001	83	83.236	0.056	83.512	0.262	83.777	0.604
2002		83.189		83.256		83.155	
		ECM	1.457	ECM	1.232	ECM	1.217
		RECM	1.207	RECM	1.11	RECM	1.103

pronosticar con  
0.8  
el pronóstico es: 83.155

#### 2.4.1.4 Tendencia lineal.

La mejor forma de pronosticar una tendencia lineal será a través de una regresión simple que se verá en el punto 2.4.2.1

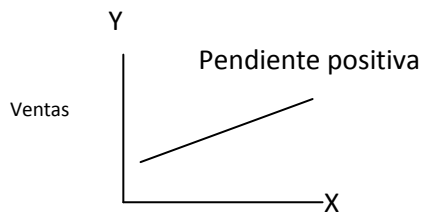
#### 2.4.2 Relaciones Causales.

Las relaciones causales son los análisis de regresión y correlación que permiten determinar tanto la naturaleza como la fuerza de una relación entre dos variables.

En el análisis de regresión se desarrollará una ecuación de estimación, a través de una fórmula matemática que relaciona las variables conocidas con la variable desconocida.

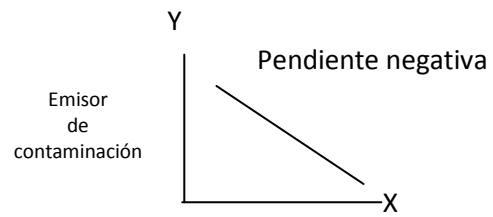
La variable conocida.- variable independiente X

La variable que tratamos de predecir se llama variable dependiente Y



Publicidad

a) Relación directa



Gastos contra la contaminación

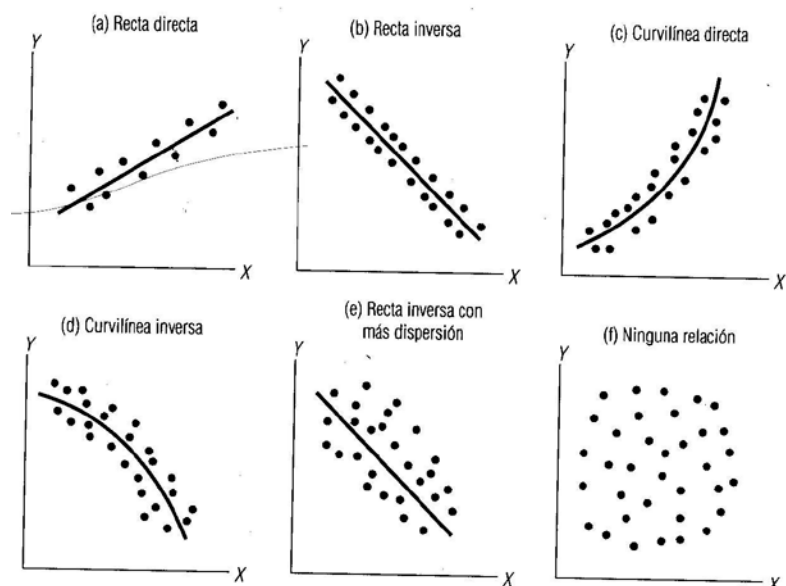
b) Relación directa

### 2.4.2.1 Regresión simple.

La regresión, conocida en ocasiones como “línea de mejor ajuste”, es una técnica estadística para intentar ajustar una línea a partir de un conjunto de puntos mediante el uso del mínimo error cuadrado total entre los puntos reales y los puntos sobre la línea. Una de las bondades de la regresión es que permite determinar ecuaciones de línea de tendencia.

El primer paso para determinar si existe una relación entre dos variables es examinar la gráfica de datos observados. A esta gráfica se le llama diagrama de dispersión.

Un diagrama de dispersión se puede identificar visualmente patrones que indique si las variables están relacionadas.



Aquí será de gran utilidad la ecuación de la recta

$$y = a + bx$$

Donde:

y	=	valor a pronosticar (variable dependiente).
a	=	valor que toma la variable dependiente (y), cuando la variable independiente vale cero.
b	=	pendiente de la recta
x	=	variable independiente

Para calcular la pendiente:

$$b = \frac{\sum XY - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum X^2 - n \bar{X}^2}$$

Donde:

b	=	pendiente de la línea de estimación de mejor ajuste
X	=	valores de la variable independiente
Y	=	variable valores de la variable dependiente
$\bar{X}$	=	media de los valores de la variable independiente
$\bar{Y}$	=	media de los valores de la variable dependiente
n	=	número de puntos

Para poder realizar nuestro pronóstico nos falta calcular:

Donde:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

a= ordenada Y

b= pendiente de la ecuación

$\bar{X}$  = media de los valores de la variable independiente  
 $\bar{Y}$  = media de los valores de la variable dependiente

**Ejemplo**

A menudo quienes hacen la contabilidad de costos estiman los gastos generales con base en el nivel de producción. Se ha reunido información acerca de los gastos generales y las unidades producidas en diferentes plantas, y ahora desean estimar una ecuación de regresión para predecir los gastos generales futuros.

Gastos generales	191	170	272	155	280	173	234	116	153	178
Unidades producidas	40	42	53	35	56	39	48	30	37	40

- a) Determine la variable dependiente e independiente
- b) Pronostique los gastos generales cuando se producen 50 unidades

**Respuestas:**

- a) Variable dependiente = gastos generales (y)  
 Variable independiente = unidades producidas (x)
- b) Se procede a realizar los cálculos necesarios de la ecuación de regresión simple (línea recta).

X	Y	XY	X <sup>2</sup>
40	191	7640	1600
42	170	7140	1764
53	272	14416	2809
35	155	5425	1225
56	280	15680	3136
39	173	6747	1521
48	234	11232	2304
30	116	3480	900
37	153	5661	1369
<u>40</u>	<u>178</u>	<u>7120</u>	<u>1600</u>
<b>ΣX= 420</b>	<b>ΣY= 1922</b>	<b>ΣXY= 84541</b>	<b>ΣX<sup>2</sup>= 18228</b>

$$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2} = \frac{84541 - 10(42)(192.2)}{18228 - 10(42)^2} = 6.4915$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} = 192.2 - 6.4915 (42) = -80.4430$$

Sustituyendo:

$$Y = a + bx = -80.4430 + 6.4915 (50) = 244.1320$$

Por lo que el pronóstico de producir 50 unidades nos generaría gastos de 244.132

#### 2.4.2.2 Regresión múltiple.

La principal ventaja de la regresión múltiple es que nos permite utilizar más información disponible para estimar la variable dependiente. En algunas ocasiones la correlación entre dos variables puede resultar insuficiente para determinar una ecuación de estimación confiable; sin embargo, si agregamos los datos de más variables independientes, podemos determinar una ecuación de estimación que describa la relación con mayor precisión.

#### 2.5 Monitoreo y control de los pronósticos.

Como lo indica el proceso administrativo, esta sería la cuarta etapa, donde tendremos que verificar nuestros pedidos reales (ventas) versus nuestros pronósticos. Si estos difieren demasiado, nos indicara que no aplicamos el mejor método; si esto ocurre frecuentemente entonces tendremos que empezar de nuevo y poner especialmente énfasis en nuestro diagrama de dispersión para observar las posibles tendencias y elegir el mejor método de pronóstico.

#### 2.6 Pronósticos con computadora.

Una ayuda para la realización de pronósticos, es el uso de la computadora; como por ejemplo el uso del software Office (Excel). Como se ha venido explicando a través de los puntos marcados con anterioridad.

## Ejercicios de la unidad 2.

### Actividad 2. Cuestionario 2.

1. ¿Cuáles son las leyes fundamentales de los pronósticos?
2. ¿Cuál es el objetivo de un pronóstico?
3. ¿Por qué es importante graficar los datos históricos, antes de aplicar algún método de pronóstico?
4. ¿Cómo se clasifican los pronósticos?

### Actividad 3.

Con los siguientes datos determine el pronóstico de ventas (según se requiera). No olvide observar primeramente el comportamiento de los datos históricos; para determinar qué tipo de pronóstico emplear. Justifique del pronóstico utilizado.

MES	VENTAS REALES DE PODADORAS
ENERO	10
FEBRERO	12
MARZO	13
ABRIL	16
MAYO	19
JUNIO	23
JULIO	26
AGOSTO	30
SEPTIEMBRE	28
OCTUBRE	18
NOVIEMBRE	16
DICIEMBRE	14
ENERO	

MES	DEMANDA REAL DE CAJAS DE REFRESCO
43	105
44	106
45	110
46	110
47	114
48	121
49	130
50	128
51	137
52	

SEMANAS	VENTAS DE LECHE (MILES DE GALONES)
1	17
2	21
3	19
4	23
5	18
6	16
7	20
8	18
9	22
10	20
11	15
12	22
13	



## Unidad III: Planeación de la Capacidad.

### Objetivo particular de la unidad

Planeara la capacidad de producción, utilizando distintas técnicas de medición de la capacidad máxima y de su utilización.

### 3. Planeación de la capacidad.

La capacidad productiva se puede expresar a través de la máxima tasa posible de producción de bienes o de la cantidad máxima disponible de recursos en un instante o en una unidad de tiempo, según los casos. Cuando todos los productos son muy similares se puede utilizar la primera definición y, si no, la segunda (cuando los productos son heterogéneos, la cantidad de los mismos que se puede obtener es función de la composición de su "mezcla" -mix-, la cual determina asimismo que recurso o recursos constituyen los cuellos de botella del sistema productivo).

#### 3.1 Medidas de la capacidad.

Así, mediremos la capacidad de producción de una planta siderúrgica en ton/día; la de una fábrica de zapatos en pares/turno, la de una línea aérea en pasajeros-km/año. Pero la de un hospital en número de camas, la de un taller de reparación de coches en horas-mecánico/día o la de un local para espectáculos en número de localidades.

#### 3.2 Teoría de restricciones.

Teoría de las Restricciones es más conocido por sus siglas en inglés: TOC (Theory Of Constraints). Es una metodología científica que permite enfocar las soluciones a los problemas críticos de las organizaciones (sin importar su tamaño, ni giro), para que se acerquen a su meta mediante un proceso de mejora continua.

Según Goldratt la meta de una empresa es ganar dinero ahora y en el futuro, ya que es una inversión que hacen los empresarios en la sociedad. Goldratt hace mención de que si no se alcanza la meta es que algo lo impide (limitaciones del sistema):

1. Restricciones físicas. Recursos con capacidad insuficiente, en el caso de producción son los cuellos de botella y estos marcan el ritmo de la producción.
2. Una política,
3. Puede ser el mercado,

### 3.3 Economías de escala.

Economías de escala se refiere al fenómeno por el cual disminuye el costo medio, al aumentar todos los factores de producción en la misma proporción (es decir al aumentar la escala de producción). Pueden tener origen en causas tecnológicas (rendimientos de escala) o bien en causas no tecnológicas relacionadas con cambios en los precios de los factores (disminuye el precio de los factores al aumentar su uso).

Por ejemplo, una planta de galletitas que produce paquetes a un costo de 50 centavos por paquete con 100 trabajadores, 2 máquinas y un administrativo, que aumenta los trabajadores a 200, las máquinas a 4 y los administrativos a 2, disminuye su costo por paquete a 40 centavos, porque consigue la harina más barata o bien porque antes dos personas se encargaban de toda la administración de la empresa, mientras que ahora cuatro se especializan en ciertas tareas de la administración, siendo más eficientes en las mismas (uno se especializa en la contabilidad, otro en marketing y ventas, otro en administrar al resto del personal y otro en hacer las compras de insumos).

### 3.4 Herramientas para la planeación de la capacidad.

Una herramienta es, el **DBR** (Drum, Buffer, Rope) es la aplicación de la teoría de las limitaciones a la producción, se resume en los siguientes pasos:

1. Identificar el cuello de botella. El cuello de botella (único) es el recurso con capacidad limitada.
2. Decidir cómo explotar el cuello de botella. Un minuto ganado en un cuello de botella es un minuto ganado en el sistema. Hay que hacer la planificación del cuello de botella porque es la más importante de la fábrica.
3. Subordinar todo a la decisión anterior. No tiene sentido producir más que lo que el cuello de botella puede absorber.
4. Elevar el cuello de botella.

5. Si se ha roto el cuello de botella volver al paso 1. Si se elimina el cuello de botella hay que dejar ese recurso y buscar la siguiente limitación, buscar la mejora continua.

Otra herramienta muy importante es la aplicación de un sistema de ecuaciones, es decir expresar de forma matemática las restricciones del sistema de producción, una vez obtenido el modelo matemático se puede resolver por álgebra lineal (algún método de resolución de sistemas de ecuaciones o matrices), el método gráfico o bien por el método simplex. Para fines de este curso se resolverán por el método gráfico, esto con el fin solo de mostrar una de tantas formas de resolver estos problemas que se presentan en la industria.

### **El método gráfico.**

Muchas aplicaciones de administración y economía implican un proceso denominado optimización en el que se requiere determinar el costo mínimo, la ganancia máxima o el **uso mínimo de los recursos**.

Si un problema de programación lineal tiene solución este debe de ocurrir en un vértice de conjuntos de soluciones factibles. Si el problema tiene más de una solución, entonces por lo menos una de ellas debe de ocurrir en un vértice de conjunto de soluciones factibles, en cualquier caso, el valor de la función objetivo es único.

Para resolver con el método gráfico un problema de programación lineal que implique 2 variables, use los pasos siguientes:

1. Trace la región correspondiente al sistema de restricciones (los puntos o en la frontera de la región se denomina factible)
2. Encuentre los vértices de la región.
3. Compruebe la función objetivo en cada uno de los vértices y elija los valores de las variables que optimizan la función objetivo. para una región acotada existen un valor mínimo y un valor máximo (para una región no acotada si existe una solución óptima debe de ocurrir en un vértice)

Ejemplo:

Un fabricante quiere saber la capacidad máxima para la elaboración de sus dos productos, pruebas de mercado y la observación de los recursos disponibles han indicado las siguientes restricciones:

1. Que el nivel de producción combinado no debe de exceder de 1200 unidades mensuales.
2. La demanda del producto 2 es menor o igual que la mitad de la demanda del producto 1.
3. El nivel de producción del artículo 1 es  $\leq$  que 600 unidades más 3 veces el nivel de producción del artículo 2.

Desarrollo.

Definir variables.

$x$  = producto uno.  
 $y$  = producto dos.

Definir restricciones de forma matemática (modelo).

Restricción uno.

$$x + y \leq 1200$$

Restricción dos.

$$y \leq \frac{1}{2}x$$

Restricción tres.

$$x \leq 600 + 3y$$

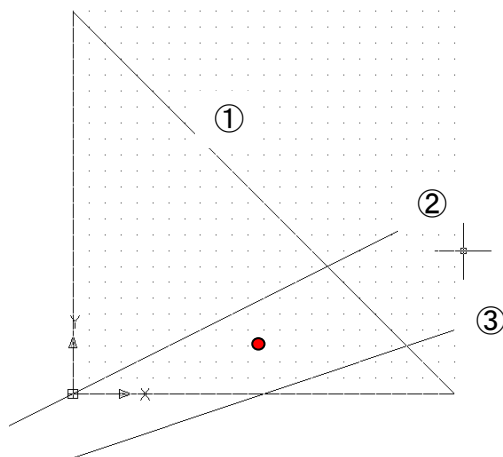
Organizando nuestro sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} x + y &\leq 1200 \\ -\frac{1}{2}x + y &\leq 0 \\ x - 3y &\leq 600 \end{aligned}$$

Se determinan los puntos de cada ecuación, dando valor a cada literal de cero en la ecuación 1 y 3; mientras que para la ecuación 2 es necesario determinar los puntos de forma paramétrica y después multiplicar los puntos por un escalar (100 para este caso), para facilitar las cosas al graficar.

- |            |             |           |
|------------|-------------|-----------|
| ① (0,1200) | ② (200,100) | ③ (0,200) |
| (1200,0)   | (-200,-100) | (600,0)   |

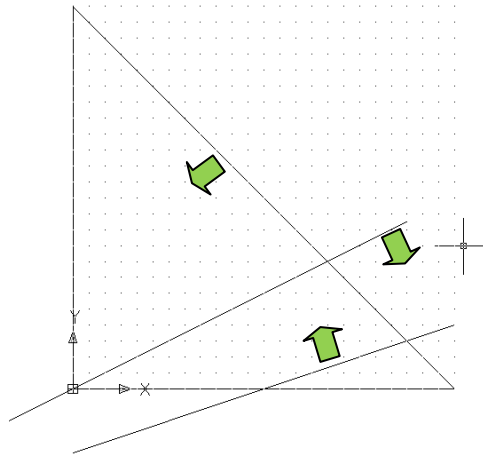
Graficando.



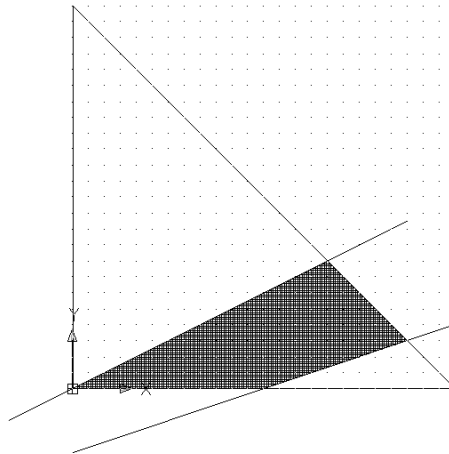
Se evalúa cualquier punto (al azar) para saber qué lado de cada inecuación se satisface y cual no. Nosotros marcaremos con una flecha la dirección que satisface a cada inecuación; para marcar la región factible. Para esto tomaremos el punto (600,150) mostrado en la figura anterior:

$$\begin{aligned}
 750 &\leq 1200 \\
 -150 &\leq 0 \\
 150 &\leq 600
 \end{aligned}$$

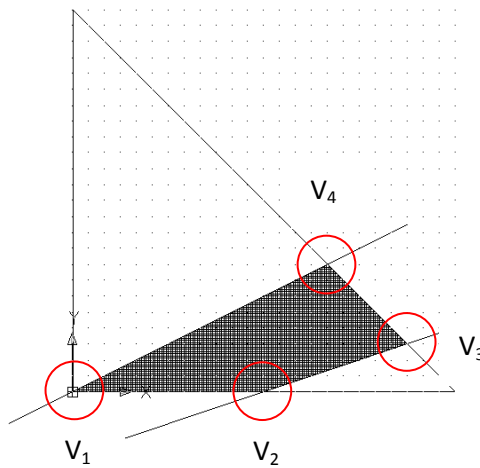
Por lo que se observa que las tres restricciones se cumplen, por lo que:



Por lo tanto la región factible es:



Por lo que los vértices son los que se muestran a continuación:



Por lo que recordando la frase inicial de este ejemplo “la **capacidad máxima** para la elaboración de sus dos productos”; observamos la combinación de la producción, para cada vértice:

$$\begin{aligned} V_1 &= (0,0) \\ V_2 &= (600,0) \\ V_3 &= (1050,150) \\ V_4 &= (800,400) \end{aligned}$$

Sí sólo se trata de producir lo más que se puede, podría elegir la combinación del vértice 3 ó 4.

Ejemplo:

En una fábrica de muebles se producen mesas y sillas, dicha fábrica tiene la propuesta de Walt Mart de comprarle 20 mesas y 20 sillas por semana.  
**¿Puede satisfacer la demanda?**

Las restricciones de la fábrica son las siguientes:

Cada mesa requiere una hora en el centro de ensamblaje y una hora con un tercio en el centro de acabado. Cada silla requiere una hora y media en el centro de ensamblaje y hora y media en el centro de acabado.  
 El centro de ensamblaje de la fábrica permanece abierto doce horas diarias, mientras que el centro de acabado permanece abierto quince horas diarias.  
 La fábrica trabaja cinco días a la semana.  
 La fábrica pierde normalmente el dos por ciento del tiempo, por concepto de paro de maquinaria por diferentes circunstancias.  
 Los trabajadores laboran al ochenta y cinco por ciento de eficiencia.

Desarrollo.

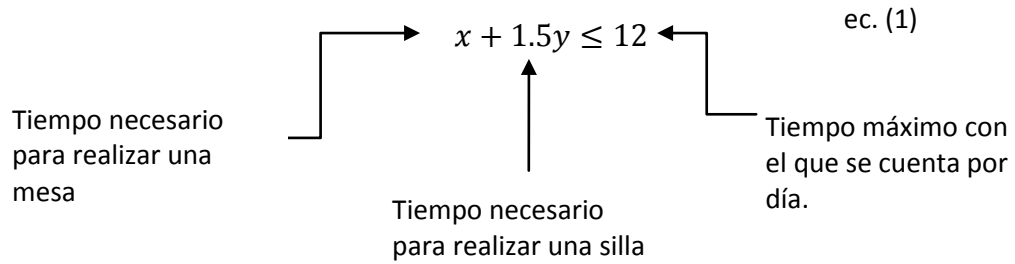
Definir variables.

X = número de mesas producidas por día.

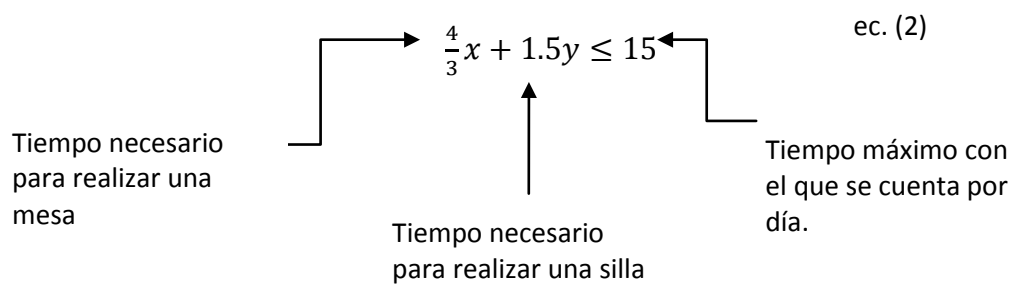
Y = número de sillas producidas por día.

Definir restricciones de forma matemática.

Restricción del centro de ensamblaje



Restricción del centro de acabado



Restricción de las horas disponibles por semana

$$x + 1.5y \leq 60$$

$$\frac{4}{3}x + 1.5y \leq 75$$

Restricción de pérdida de tiempo del 2% (1 - 0.02 = 0.98).

$$x + 1.5y \leq 58.8$$

$$\frac{4}{3}x + 1.5y \leq 73.5$$

Restricción de eficiencia (85%).

$$x + 1.5y \leq 49.98$$

$$\frac{4}{3}x + 1.5y \leq 62.475$$



Para este ejercicio no es necesario, saber la capacidad máxima, ya que solo se quiere saber si se ¿Puede satisfacer la demanda? Por lo que, una vez obtenido nuestro modelo, solo basta sustituir:

$$x = 20$$

$$y = 20$$

$$(20) + 1.5 (20) \leq 49.98$$

$$\frac{4}{3}(20) + 1.5(20) \leq 62.475$$

Obteniendo como resultado, lo siguiente:

$$50 \leq 49.98$$

$$56.67 \leq 62.475$$

Por lo que nos damos cuenta (siendo estrictos) que en el centro de ensamblaje no podemos cumplir, al menos con las condiciones actuales. Tal vez se podría cumplir con algún cambio de política (como por ejemplo horas extras). Mientras que en el centro de acabado observamos que no existe ningún problema, ya que las horas necesarias para el trabajo son menores que las disponibles en el lugar de trabajo.

Nota: esto es cierto solo si no existe algún otro trabajo pendiente en la fábrica.

### 3.4.1 Modelos de líneas de espera.

Uno de los mayores usos de la teoría de colas de espera en Estados Unidos es para analizar el flujo del tránsito o circulación de automóviles.

Un modelo de espera es aquel en el que usted tiene una secuencia de elementos (tales como las personas) que llegan a una instalación en busca de servicio.

Las preguntas sobre un sistema de cola de espera se centran en cuatro cantidades:

### El modelo básico.

1. El número de personas en el sistema: el número de personas que están siendo atendidas en el momento, así como aquellas que están esperando servicio.
2. La cantidad de personas en la cola de espera: las personas que están esperando servicio.
3. El tiempo de espera en el sistema: el intervalo entre el momento en que el individuo entra al sistema y aquel en que sale del mismo. Observe que este intervalo incluye el tiempo de servicio.
4. El tiempo de espera en la cola: el tiempo transcurrido desde que uno entra al sistema hasta que se inicia el servicio.

### Suposiciones del modelo básico.

1. Proceso de llegadas. A cada llegada se le denominara un “trabajo”.

En este momento sólo es necesario comprender que la distribución exponencial queda totalmente definida con un solo parámetro. Este parámetro, llamado  $\lambda$ , es la tasa media de llegadas; esto es, cuantos trabajos llegan (en promedio) durante un periodo específico.

$$\text{tiempo promedio de llegadas} = \frac{1}{\lambda}$$

2. Proceso de servicio. Representa la tasa media de servicio en trabajos por unidad de tiempo.

$$\text{proceso de servicio} = \frac{1}{\mu}$$

3. Tamaño de la cola de espera. Se dice que la cola de espera es infinita.
4. Disciplina de las colas de espera. Los trabajos se atienden en el orden que llegaron.
5. Horizonte de tiempo. La operación del sistema se considera como si ocurriera continuamente en un horizonte infinito.
6. Población fuente. Hay una población infinita susceptible de hacer un arribo.

**Existen algunas características básicas para el modelo básico el cual solo se cumplen sí, las llegadas tienen un mayor tiempo que el tiempo de procesamiento, es decir:**

$$\lambda < \mu$$

Características	Símbolo	Fórmula
Utilización	-	$\frac{\lambda}{\mu}$
Número esperado en el sistema	L	$\frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
Número esperado en la cola de espera	$L_q$	$\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
Tiempo de espera promedio (incluyendo tiempo de servicio)	w	$\frac{1}{\mu - \lambda}$
Tiempo esperado en la cola de espera	$w_q$	$\frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
Probabilidad de que el sistema este desocupado	$P_0$	$1 - \frac{\lambda}{\mu}$

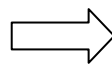
Ejemplo:

Considere estas hipótesis: en un contexto de un modelo de una fotocopiadora Xerox. Suponga que los trabajadores llegan a la maquina y forman una sola cola. Cada uno de los que llegan utilizan la maquina por turno para llevar a cabo una tarea específica. Estas tareas varían, desde obtener la copia de una carta de una página, hasta la producción de 100 copias de un informa de 25 páginas.

Suponga que el tiempo promedio de llegadas de trabajo en una oficina es de cada 20 minutos y en promedio se completa un trabajo cada 10 minutos. Analice, si es correcto, lo que se está haciendo en esta oficina.

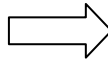
Desarrollo:

$$\frac{1}{\lambda} = 20$$



$$\lambda = \frac{1}{20} = 0.05$$

$$\frac{1}{\mu} = 10$$



$$\mu = \frac{1}{10} = 0.10$$

Como  $\lambda < \mu$  ; entonces:

$$\text{Utilización} = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0.05}{0.10} = 50\%$$

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{0.05}{0.10 - 0.05} = \frac{0.05}{0.05} = 1$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{(0.05)^2}{0.10(0.10 - 0.05)} = \frac{0.0025}{0.005} = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{0.10 - 0.05} = \frac{1}{0.05} = 20$$

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{0.05}{0.10(0.10 - 0.05)} = \frac{0.05}{0.005} = 10$$

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \frac{0.05}{0.10} = 1 - \frac{1}{2} = 50\%$$

### Clasificación de los modelos de colas de espera.

Hay muchos modelos de colas de esperas posibles. Por ejemplo, si al tiempo que existe entre los arribos en el modelo básico se le hubiera dado una distribución diferente (no la exponencial), habríamos tenido un modelo diferente, en el sentido de que las formulas anteriores para L, L<sub>q</sub>, etcétera, ya no serian validas. Para facilitar la comunicación entre aquellos que trabajan con modelos de cola de espera, D. G. Kendall propuso una clasificación o taxonomía con base en la siguiente notación:

**A / B / s**

Donde

A = distribución de las llegadas  
B = distribución del servicio  
s = numero de servidores

Se utilizan diferentes letras para designar ciertas distribuciones. Colocadas en la posición A o B, indican la distribución de llegadas o de servicio, respectivamente. Las reglas convencionales siguientes son de uso general:

M = distribución exponencial  
 D = número determinístico  
 G = cualquier distribución (general) de tiempos de servicio  
 GI = cualquier distribución (general) de tiempos de llegada

**La cola de espera M/G/1**

A pesar de que en muchas situaciones la distribución exponencial describe con precisión el proceso de llegadas, puede ser que no se ajuste muy bien al proceso de servicio. Afortunadamente, existe una generalización del modelo básico, el cual permite que la distribución del tiempo de servicio sea arbitraria. Ni siquiera es necesario conocer la distribución del tiempo de servicio, solo su media,  $\frac{1}{\mu}$ , y su varianza  $\sigma^2$ . Las características de operación para el modelo generalizado aparecen en la siguiente tabla.

Características	Símbolo	Fórmula
Utilización	-	$\frac{\lambda}{\mu}$
Número esperado en el sistema	L	$Lq + \frac{\lambda}{\mu}$
Número esperado en la cola de espera	$Lq$	$\frac{\lambda^2 \sigma^2 + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2}{2 \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)}$
Tiempo de espera promedio (incluyendo tiempo de servicio)	W	$Wq + \frac{1}{\lambda}$
Tiempo esperado en la cola de espera	$Wq$	$\frac{Lq}{\lambda}$
Probabilidad de que el sistema este desocupado	$P_0$	$1 - \frac{\lambda}{\mu}$

Para comprender la validez de estas formulas, suponga que la distribución del tiempo de servicio es exponencial, la varianza de una distribución exponencial es  $\left(\frac{1}{\mu}\right)^2$  si la media es  $\left(\frac{1}{\mu}\right)$ . Por lo tanto:

$$Lq = \frac{\lambda^2 \left(\frac{1}{\mu}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2}{2\left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

Que es el mismo resultado que en el modelo básico.

Ejemplo:

Suponga que usted tiene que contratar a una secretaria y tiene que seleccionar entre dos candidatas. La secretaria 1 es muy consistente: escribe a máquina cualquier documento en 15 minutos exactos. La secretaria 2 es un poco más rápida, con un promedio de 14 minutos por documento, pero sus tiempos varían de acuerdo con la distribución exponencial. La carga de trabajo promedio es de tres documentos por hora, con tiempos inter-arribos que varían de acuerdo con la distribución exponencial. ¿Qué secretaria le dará un tiempo de ciclo de documentos más corto?

Desarrollo: Se necesita calcular el número esperado en la cola de espera ( $L_q$ ), para poder calcular el tiempo esperado en la cola ( $W_q$ ) y el tiempo estimado promedio ( $w$ ).

Secretaria 1	Secretaria 2
$\frac{1}{\lambda} = 20$	$\frac{1}{\lambda} = 20$
$\lambda = \frac{1}{20} = 0.05$	$\lambda = \frac{1}{20} = 0.05$
$\frac{1}{\mu} = 15$	$\frac{1}{\mu} = 14$
$\sigma^2 = 0$	$\sigma^2 = \left(\frac{1}{\mu}\right)^2 = (14)^2$
$Lq = \frac{0.05^2 * 0 + (0.05 * 15)^2}{2(1 - (0.05 * 15))} = 1.125$	$Lq = \frac{0.05^2 * (14)^2 + (0.05 * 14)^2}{2(1 - (0.05 * 14))} = 1.633$
$Wq = \frac{1.125}{0.05} = 22.5$	$Wq = \frac{1.633}{0.05} = 32.667$
$W = 22.5 + 15 = 37.5$	$W = 32.667 + 14 = 46.667$

Por lo que se deberá escoger a la secretaria uno por tener el tiempo de ciclo menor. A pesar de que la secretaria numero dos es más rápida, sus tiempos promedio de ciclo son mayores, debido a la alta variabilidad en sus tiempos de servicio.

Nota: recuerde que primero debe de verificar que  $\lambda < \mu$ .

**Cola de espera con múltiples servidores (M/M/s)**

Se tomara de referencia el modelo de prueba de sangre, donde cada paciente se forma en una cola de espera común, y al llegar al principio de la cola, entra en la primera sala de examen disponible.

Las siguientes formulas se debe de utilizar, cuando tenemos múltiples servidores, es decir cuando no se cumple la condición  $\lambda < \mu$ .

Características	Símbolo	Fórmula
Probabilidad de que el sistema este desocupado	$P_0$	$P_{(0)} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \left( \frac{P_{n-1}(\frac{\lambda}{\mu})}{n} \right) + \frac{(\frac{\lambda}{\mu})^s}{s! \left( 1 - \frac{\lambda}{s\mu} \right)}}$
Número esperado en la cola de espera	$L_q$	$P_0 \left[ \frac{\frac{\lambda^{s+1}}{\mu}}{(s-1)! \left( s - \frac{\lambda}{\mu} \right)^2} \right]$
Utilización	-	$\frac{\lambda}{s\mu}$

Cuando tenemos un modelo de estado estable podemos utilizar las ecuaciones de flujo de Little.

Características	Símbolo	Fórmula
Tiempo esperado en la cola de espera	$W_q$	$\frac{L_q}{\lambda}$
Tiempo de espera promedio (incluyendo tiempo de servicio)	$W$	$W_q + \frac{1}{\mu}$
Número esperado en el sistema	$L$	$\lambda + W$

Para ejemplificarlo hay que analizar los siguientes datos para dos servidores:

$$\frac{1}{\lambda} = 5 \implies \lambda = 0.2$$

$$\frac{1}{\mu} = 8 \implies \mu = 0.125$$

Como  $\lambda > \mu$  significa que con un solo servidor no basta, por lo que hay que utilizar las formula antes mencionada:

$$P_{(0)} = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \left( \frac{\rho^{n-1}}{n} \right) + \frac{\rho^s}{s! \left( 1 - \frac{\rho}{s\mu} \right)}}$$

Calculando primeramente la parte de la formula de las sumas:

Por definición:

$$P_0 = 1$$

$$P_1 = \left( \frac{1 \left( \frac{0.2}{0.125} \right)}{1} \right) = 1.6$$

Si nos damos cuenta esta primer parte de la formula indica que se debe de llegar a (s-1) a un número antes de los servidores a analizar; por lo que la Probabilidad de que el sistema este desocupado es:

$$P_{(2)} = \frac{1}{[1 + 1.6] + \frac{\left( \frac{0.2}{0.125} \right)^2}{2! \left( 1 - \frac{0.2}{2 * 0.125} \right)}} = \frac{1}{9} = 0.11111$$

El número esperado en la cola de espera

$$Lq = \frac{1}{9} \left[ \frac{\frac{0.2}{0.125}^{2+1}}{\left( 2 - 1 \right)! \left( 2 - \frac{0.2}{0.125} \right)^2} \right] = \frac{1}{9} \left[ \frac{1.6^3}{(1)(2 - 1.6)^2} \right] = \frac{1}{9} \left[ \frac{4.096}{0.16} \right] = 2.84$$



La utilización del sistema:

$$\frac{0.2}{2 * 0.125} = 80\%$$

El tiempo esperado en la cola de espera (dado en unidades de tiempo, dependiendo de los datos ingresados):

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} = \frac{2.84}{0.2} = 14.2$$

El tiempo de espera promedio (incluyendo tiempo de servicio):

$$W = 14.2 + 8 = 22.2$$

Número esperado de "X" cosa (personas, objetos, etc.) en el sistema

$$L = 0.2 + 22.2 = 22.4$$

### 3.4.2 Simulación.

Mucha gente cree que "la experiencia es el mejor maestro". Desafortunadamente, a menudo es muy costoso (en tiempo o dinero) obtener experiencia real. Este dilema es una motivación importante para el uso de la simulación: encontrar una manera rápida y económica de adquirir un conocimiento que se obtiene usualmente a través de la experiencia.

La idea básica de la simulación es la construcción de un dispositivo experimental, o simulador, que "actuará como" (simulará) el sistema de interés en ciertos aspectos importantes, de una manera rápida y redituable.

El objetivo consiste en crear un entorno en el cual se pueda obtener información sobre posibles acciones alternativas a través de la experimentación. El uso de la simulación es fundamental para muchos experimentos aplicados; por ejemplo,

- ✓ Prueba de medicinas en animales de laboratorio. Aquí las respuestas del animal simulan las respuestas humanas.
- ✓ Manejar automóviles en pistas de prueba. Aquí las pistas de prueba simula las condiciones que enfrentara el automóvil.

- ✓ Pruebas de diseño de alas de avión en túneles de viento. El túnel de viento simula las condiciones de vuelo.
- ✓ El entrenamiento de pilotos de aerolíneas en cabinas reales con despliegues simulados fuera de las ventanas bajo condiciones simuladas.

En el contexto del análisis cuantitativo, la simulación ha venido a significar la experimentación basada en un modelo matemático, a pesar de que tanto la simulación como la optimización (por ejemplo, mediante la programación lineal) utilizan modelos cuantitativos, se basan en conceptos muy diferentes. La diferencia fundamental estriba en el papel que toman las variables de decisión en todos los enfoques.

#### Simulación versus optimización

- ✓ En un modelo de optimización, los valores de las variables de decisión son resultados. Esto es, el modelo proporciona un conjunto de valores para las variables de decisión que maximiza (o minimiza) el valor de la función objetivo.
- ✓ En un modelo de simulación, los valores de las variables de decisión son entradas. El modelo evalúa la función objetivo en relación con un conjunto particular de valores.

Para comprender lo que esto significa, considere el siguiente ejemplo. Suponga que un supermercado quiere decidir cómo distribuir su personal de caja (cajeros y empacadores) durante el fin de semana. El objetivo es minimizar el costo de mano de obra, sujeto a las restricciones impuestas por el contrato de trabajo y la restricción de que los clientes no tengan que esperar demasiado.

Si tuviéramos un modelo de optimización, necesitaríamos dar los parámetros del modelo. Quizás estos consistirían en cantidades, tales como la tasa de llegadas de los clientes, la distribución del tiempo necesario para despachar a un cliente con y sin empacador, y así sucesivamente. Cuando el modelo estuviera resuelto, la respuesta incluiría la mejor manera de distribuir el personal, el valor correspondiente de la función objetivo (el costo total), y una indicación de la holgura existente en las restricciones.

En un modelo de simulación, las entradas incluirían los parámetros que se describieron anteriormente, una expresión de la función objetivo (costos totales), y una asignación posible del personal. El modelo produciría un conjunto específico de resultados, que mostrarían que tan bien se desempeñó la solución según varias medidas, tales como costo total, tiempo de espera de los clientes, utilización del personal, etc. En general, el modelo mide la calidad de la solución sugerida, así como cuanta variabilidad puede existir en las diferentes medidas de desempeño debido a lo aleatorio de las entradas. La simulación permite mucha experimentación e interacción con el constructor del modelo, pero no necesariamente optimiza el objetivo de interés. El simulador

por lo general es una manera mucho más económica y rápida para experimentar con muchos factores de interés.

### 3.4.3 Árboles de decisión.

Un árbol de decisiones es un dispositivo gráfico para el análisis de decisiones bajo riesgo; esto es modelos en los que tanto las decisiones como las probabilidades de los estados de la naturaleza están definidas. De manera más precisa, los árboles de decisiones fueron diseñados para utilizarse en modelos en los que hay una secuencia de decisiones, cada una de las cuales podría llevarnos a uno o varios resultados inciertos.

Los árboles de decisión son guías jerárquicas multi-vía donde los valores de las características son el criterio diagnóstico para evaluar la calidad de la opción y determinar su uso más apropiado.

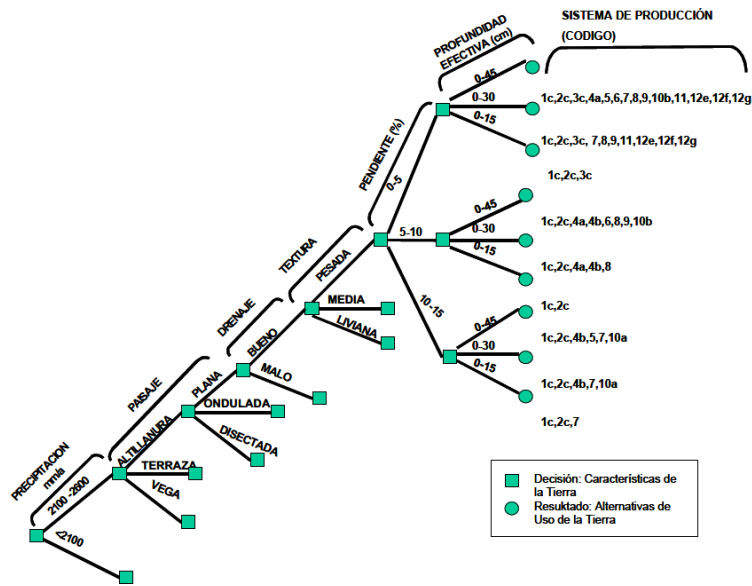
La jerarquía se refiere a que la toma de una decisión o camino lleva a otra, hasta que todos los factores o características involucradas se hayan tomado en cuenta. Es multi-vía porque pueden existir más de dos opciones y es una guía porque al responder una pregunta se llega a una decisión.

Por ejemplo, ¿Qué textura presenta los suelos de su finca? La respuesta significará una decisión frente a la ruta que se debe seguir dentro del árbol y conllevará a otra pregunta y decisión, como ¿cuál es la pendiente del terreno? y así, hasta obtener el resultado final. Cada una de estas preguntas puede tener diferentes respuestas lo cual determinará la decisión final.

El esquema muestra como a través del conocimiento de la textura, de la pendiente (%) y de la profundidad efectiva, se puede llegar a determinar los sistemas de uso más apropiados para las condiciones planteadas.

De esta manera, el árbol de decisión es utilizado para decidir sobre el tipo de uso de la tierra según las características del lugar respecto a la textura, pendiente y profundidad efectiva. La primera decisión que se toma al usar esta herramienta es determinar el tipo de textura debido a que esta propiedad no puede ser modificada por condiciones específicas de manejo.

Según el tipo de textura elegido, el cual corresponde a un grupo textural particular (suelos pesados, medios o livianos) se tendrá que tomar otra decisión según el porcentaje de la pendiente y de manera consecutiva en cuanto a la profundidad efectiva.



Así se evalúan los atributos de la tierra y se plantean los sistemas de producción más apropiados de acuerdo a los requerimientos de los cultivos involucrados y las especificaciones de manejo más adecuadas para lograr un mejoramiento gradual del suelo.

Las diferentes combinaciones de la oferta ambiental dan lugar a propuestas de diseños de sistemas productivos. Estos gradualmente aumentarán su productividad en la medida que se mejore el suelo a través de prácticas que contribuyan a la formación de una capa arable productiva y sostenible, donde las condiciones de oferta edáfica lo permitan. Es decir, a medida que sea mayor la profundidad efectiva, mayor será la productividad de los sistemas.

### Ejercicios de la unidad 3.

#### Actividad 4.

En una fábrica de muebles se producen mesas y sillas **¿Cuál es la mejor combinación de producción para una capacidad máxima?**

Se tienen las siguientes restricciones:

Cada mesa requiere una hora en el centro de ensamblaje y una hora con un tercio en el centro de acabado. Cada silla requiere una hora y media en el centro de ensamblaje y hora y media en el centro de acabado.

El centro de ensamblaje de la fábrica permanece abierto doce horas diarias, mientras que el centro de acabado permanece abierto quince horas diarias.

La fábrica trabaja cinco días a la semana.

La fábrica pierde normalmente el dos por ciento del tiempo, por concepto de paro de maquinaria por diferentes circunstancias.

Los trabajadores laboran al ochenta y cinco por ciento de eficiencia.

#### Actividad 5.

Usted ha llegado a trabajar a una pequeña tienda de autoservicio, tiene una caja funcionando, y tiene una segunda sin funcionar.

Los clientes llegan en promedio cada 25 minutos, su cajero atiende a los clientes en promedio cada 8 minutos.

¿Debe usted habilitar la segunda caja? Justifique.

Respuesta: no es necesario abrir otra caja ya que la caja que está funcionando tiene una carga del 32%.

#### Actividad 6.

HomeburgSaving and Load, emplea tres cajeros los sábados. El tiempo interarribos y el tiempo de servicio a los clientes tienen ambos una distribución exponencial. Los clientes llegan a una tasa de 20 por hora, el tiempo medio de servicio es de 6 minutos. Los clientes forman una sola cola de espera. Los clientes forman una sola cola de espera, y son atendidos por el primer cajero disponible. Bajo condiciones de estado estable, encuentre:

- a) La probabilidad de que no haya clientes esperando o siendo atendidos.
- b) La cantidad de gente estimada en la cola de espera.
- c) El tiempo de espera estimado en la cola de espera.
- d) El tiempo de espera estimado.
- e) La cantidad estimada de gente en el sistema.

## Unidad IV: Planeación de la Capacidad.

### Objetivo particular de la unidad

Conocerá y aplicara los modelos y sistemas de inventarios y los adecuará a las características propias de la empresa.

### 4 Administración de Inventarios.

En ocasiones es mejor comprar algún artículo que fabricarlo; esto tiene que ver con el comparativo de los costos de fabricar versus comprarlo. Una vez respondida la pregunta fundamental de que artículos conviene pedir, las preguntas subsiguientes son las mismas para todos los sistemas de control de inventarios. Por cada tipo de artículo que se mantenga en inventario, alguien deberá responder las dos preguntas clave sobre este particular (1) ¿Cuándo se deberá hacer un pedido para reabastecer sus existencias? Y (2) ¿Cuál tendrá que ser la cantidad ordenada? Multitud de factores se combinan para hacer que este problema resulte difícil. Algunas de las consideraciones más importantes son:

1. El grado en el cual se conoce cuál será la demanda futura.
2. El costo de los faltantes y la política de la administración (trabajar por pedido o por inventario).
3. Los costos de los pedidos y el mantenimiento del inventario.
4. La posibilidad de largos tiempos de entrega.
5. La posibilidad de planes de compra por descuento por cantidad.

#### 4.1 Definición y tipos de inventarios.

Los inventarios se definen como *bienes ociosos almacenados*, en espera de ser utilizados. Hay muchos tipos de inventarios; por ejemplo, inventarios de materias primas, inventarios de materiales en proceso, inventarios de productos terminados, inventarios de efectivo y hasta inventarios de individuos.

#### 4.2 Ventajas y desventajas de los inventarios.

1. Los inventarios suavizan la brecha del tiempo que separa la oferta de la demanda. Por ejemplo, el maíz se cosecha solamente en septiembre y octubre, pero la demanda de los usuarios es constante durante todo el

- año. Por tanto, la cosecha debe ser almacenada en inventario para usarla posteriormente.
2. La posibilidad de mantener un inventario contribuye a menudo a reducir los costos de producción, porque es más económico producir algunos artículos en grandes partidas aun cuando no existan pedidos inmediatos para esos bienes.
  3. Los inventarios son un medio para almacenar trabajo. Por ejemplo la disponibilidad de mano de obra para la producción puede llegar a constituir una restricción obligatoria en algún periodo posterior, pero representa una holgura en los periodos anteriores. La posibilidad de producir algunos excedentes en esos periodos previos y mantener existencias del producto en inventario, libera mano de obra que puede emplearse para otros menesteres en los periodos posteriores.
  4. Finalmente, el inventario es un recurso para ofrecer servicio rápido a la clientela en el momento en que esta necesite esos productos, y en realidad los clientes están dispuestos a pagar por esta comodidad.

### 4.3 Administración de los inventarios.

Se pueden obtener inventarios por muchas razones. Algunos distribuidores tienen inventarios para poder atender de inmediato los pedidos de sus clientes. En otras condiciones, en muchos casos el cliente preferiría hacer el pedido a un competidor. Sin embargo, esta es solamente una de las razones por las cuales se mantienen inventarios. De hecho, pueden existir por cualquiera de las ventajas o desventajas marcadas en el punto 4.2.

#### 4.3.1 Tipos de costos.

En general hay tres tipos de costos asociados a la actividad de inventarios: costos de mantenimiento del inventario, costos de pedidos y costos de faltantes.

**Costos de mantenimiento del inventario:** Si una empresa tiene 3000 artículos iguales entre sus existencias. Y cada uno le cuesta \$8. Entonces esta empresa tiene \$24000 reservados en el inventario. En otras palabras, por el hecho de mantener ese inventario, la empresa está renunciando a la oportunidad de hacer otras inversiones (esto se conoce como costo de oportunidad). También hay otros costos de mantenimiento de inventarios, como indemnización por objetos estropeados, mermas o robos, seguros, almacenaje y requisitos especiales de manejo.

**Costos de los pedidos:** Cada vez que una empresa hace un pedido para reabastecer sus inventarios, incurre en un costo del pedido. Este costo es independiente de la cantidad del pedido, está relacionado con la cantidad de

tiempo empleada en preparar documentación y llevar la contabilidad correspondiente a la presentación del pedido, y es una función directa del costo del personal involucrado.

Costos de faltantes: Un faltante significa que la empresa se ha dado sin inventario. En la mayoría de las aplicaciones técnicas, el término faltante se refiere a un fenómeno más específico, consiste en que los pedidos llegan después de que el inventario se ha agotado.

En este costo se podrían incluir las ganancias perdidas por no realizar la venta o por retraso en la entrega, y también descuentos por varios factores más intangibles, como el costo que implicaría la posible pérdida de clientes y el descrédito de un mal expediente de mal servicio trae consigo.

#### 4.3.2 Clasificación ABC.

Es sabido que en cada operación solamente un pequeño porcentaje de cosas acapara la mayor parte de la actividad, como lo dice la conocida regla del 80-20 y la actividad de un almacén no es una excepción a la regla. Basándose en esta idea el análisis ABC clasifica a los materiales por la importancia que tienen dentro del almacén, dándoles una clasificación de A al reducido número de artículos con mayor importancia por el elevado costo o la gran actividad que representan, B para los moderadamente importantes y C al resto de los materiales que representan un porcentaje bajo de la inversión total del inventario o que representan poca rotación.

Un punto importante es conocer cuáles son los materiales de mayor importancia dentro de un almacén, ya que dentro de éste son muchos los materiales que se manejan pero no todos tienen el mismo valor o importancia. En realidad, si una empresa quisiera controlar estrictamente cada uno de sus artículos almacenados, sería prácticamente imposible debido a tan alto costo que esto representa.

La clasificación ABC puede ser de tres tipos:

- ✓ Clasificación por costo unitario
- ✓ Clasificación por valor de inventario
- ✓ Clasificación por utilización y valor

Ejemplo:

Realiza la clasificación ABC, considerando los siguientes artículos:



Artículo.	Inversión en \$/año
1	1200
2	1400
3	1758
4	2534
5	1300
6	900

Primero se sacan los porcentajes:

$$\% \text{ articulo } n = \frac{\text{inversion en } \frac{\$}{\text{año}} \text{ de } n \text{ periodo}}{\sum \text{ inversion en } \frac{\$}{\text{año}} \text{ de } n \text{ periodo}}$$

Artículo.	Inversión en \$/año	
1	1200	13,20%
2	1400	15,40%
3	1758	19,34%
4	2534	27,87%
5	1300	14,30%
6	900	9,90%
total	9092	

Después se tendrá que acomodar los datos acomodándolos de forma decreciente según los porcentajes

Artículo.	Inversión en \$/año	
1	1200	13,20%
2	1400	15,40%
3	1758	19,34%
4	2534	27,87%
5	1300	14,30%
6	900	9,90%
total	9092	

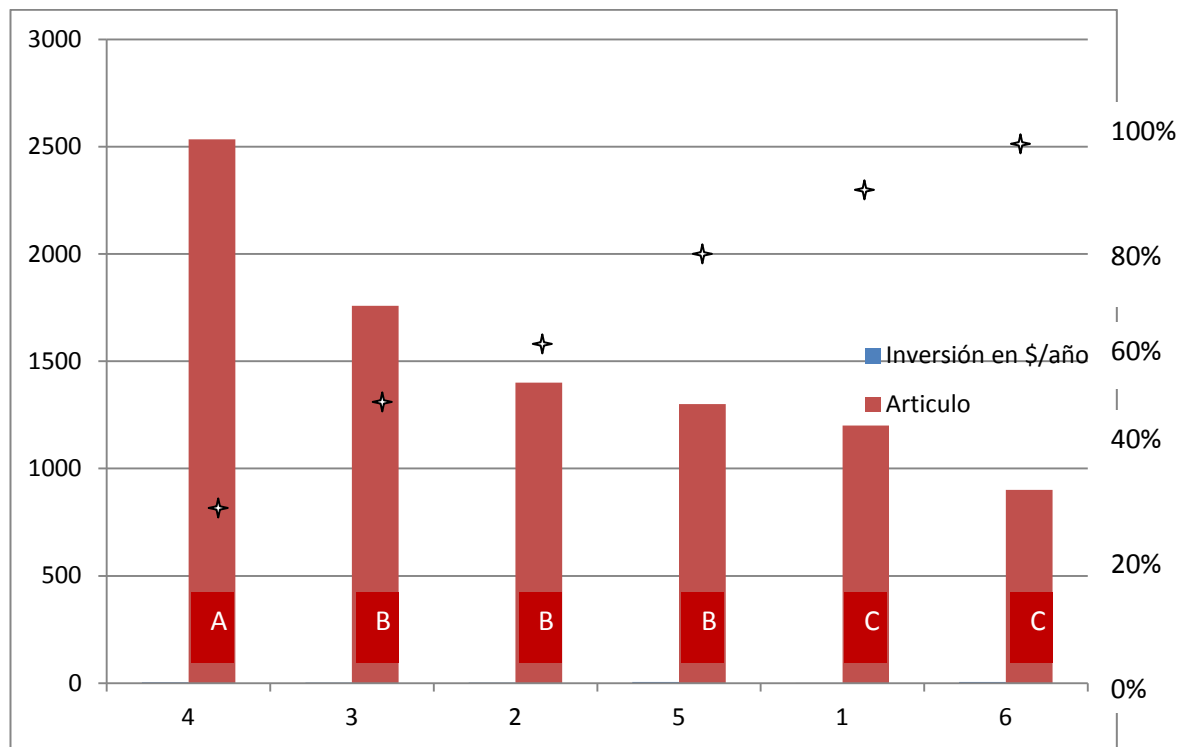
Quedando de la siguiente clasificación de acuerdo al porcentaje:

Artículo.	Inversión en \$/año	%	Clasificación
4	2534	27,87	A
3	1758	19,34	B
2	1400	15,40	B
5	1300	14,30	B
1	1200	13,20	C
6	900	9,90	C

Para realizar este análisis utilizamos una lista con los precios unitarios de cada artículo y se analizó el consumo de cada artículo durante el periodo de un año. Posteriormente se ordena en forma decreciente. El primer 27,87% del artículo 4 pertenece a la clasificación A (ya se había mencionado que era el 20%, pero no se puede decir que solo el 20% es clasificación A y el resto no), el último 23,10% de los artículos pertenecen a la clasificación C que son los artículos 1 y 6. El resto de los artículos pertenecen a la clasificación B.

Nota: Para poder graficar se necesita sacar el % acumulado.

Artículo.	Inversión en \$/año	%	% acumulado
4	2534	27,87%	27,87%
3	1758	19,34%	47,21%
2	1400	15,40%	62,60%
5	1300	14,30%	76,90%
1	1200	13,20%	90,10%
6	900	9,90%	100,00%



La finalidad de este análisis fue dar unas bases para saber a qué artículos se le va a dedicar más inversión y más atención por parte del personal para de esta forma llevar un control eficiente de los materiales sin elevar el costo que esto representa. Los artículos tipo A deben ser objeto de una vigilancia constante y estar muy atentos a la frecuencia con que se deben adquirir. Los artículos tipo B requieren menos control que los tipo A y más control que los tipo C, es recomendable establecer máximos y mínimos. Los materiales tipo C requieren una limitada supervisión, el control es mínimo e incluso puede hacerse mediante un stock de seguridad.

#### 4.3.3 Importancia de la exactitud de los registros.

La importancia de los registros radica en la veracidad de los resultados, si "x" artículo sale del almacén el día de hoy y no se registra (El almacenista puede decir que al rato lo registra, pero por algún descuido no se hace....), puede ocasionar problemas en la empresa, debido a que la información que se tiene está errónea. Sin mencionar que para el manejo de inventarios el tiempo es muy importante, debido a que todo tiene un tiempo de entrega.

#### 4.3.4 Recuento cíclico.

El inventario cíclico es un método de inventario en el que el inventario se cuenta a intervalos regulares durante el ejercicio.

Dichos intervalos (o ciclos) dependen del indicador de inventario cíclico establecido en los materiales.

El inventario cíclico permite contar con más frecuencia los artículos de alta rotación que los artículos obsoletos, por ejemplo.

En el registro maestro de materiales (datos de almacén), se marcan todos los materiales que deben incluirse en el inventario cíclico, mediante un indicador de inventario cíclico. El indicador de inventario cíclico se utiliza para agrupar los materiales en diversas categorías de inventario cíclico (por ejemplo, A,B,C y D). En cada categoría se definen los intervalos de tiempo del recuento de materiales.

Se pueden marcar los materiales del siguiente modo:

- ✓ Manualmente en el registro maestro de materiales (datos de almacén)
- ✓ Automáticamente con el análisis ABC

#### 4.4 Modelos de inventarios determinísticos.

Asume que la demanda y el tiempo de entrega son conocidos y fijos, la producción también es conocida y fija después de que se hizo el pedido.

##### 4.4.1 Modelos de Cantidad Óptima del Pedido.

Mejor conocido como modelo de la cantidad económica de pedido (CEP).

En su forma más sencilla, el modelo CEP supone que:

1. No se permiten faltantes. Es decir, cada nuevo pedido llega (en su totalidad) en cuanto el nivel del inventario llega a cero.
2. Hay una tasa de demanda constante.
3. Los costos relevantes son los costos del pedido y los costos de mantenimiento de existencia.

El propósito del modelo CEP consiste en encontrar la cantidad óptima de pedido, definida como aquella cantidad que, considerando las tres suposiciones anteriores, minimiza el costo anual total por concepto de pedido de "x" artículo y su mantenimiento en inventario.

Ejemplo:

La demanda mensual de cables de red para el año anterior de la empresa STECO fue la siguiente:

MES	DEMANDA
enero	5300
febrero	5100
marzo	4800
abril	4700
mayo	5000
junio	5200
julio	5300
agosto	4900
septiembre	4800
octubre	5000
noviembre	4800
diciembre	5100

Las políticas que tiene la empresa STECO son:

Cada cable de red a STECO le cuesta \$8.

La demanda se ha mantenido a un ritmo uniforme de unos 5000 cable de red al mes.

Cada vez que se coloca un pedido, el departamento de compras debe contactar al proveedor para determinar el precio actual y la fecha de entrega. Cuando llega el pedido, quien lo recibe debe llenar los registros de recepción y mantenimiento de existencias y actualizar la base de datos sobre el estado de los pedidos. El costo de lo anterior incluye dos tercios de una hora de oficina, a razón de \$18 por hora, un tercio de una hora de tiempo del asistente del agente de compras, a \$24 por hora, mas \$5 por concepto de costos de materiales, teléfono y otras telecomunicaciones.

La empresa estima que el costo de oportunidad es del 20% y un costo variable de mantenimiento del 4%.

Desarrollo.

Costo del pedido:

$$Co = \frac{2}{3}18 + \frac{1}{3}24 + 5 = 25$$

Costo de mantenimiento del inventario:

$$Ch = 20\% + 4\% = 24\%$$

Por lo que:

$$Ch = 8 * 0.24 = 1.92$$

Se calcula el costo anual de pedidos:

$$\text{costo anual de pedidos} = CoN$$

Donde:

$$N = \frac{D}{Q}$$

N = numero de pedidos al año

D = demanda anual

Q = cantidad pedida

Como la suma de la demanda son 60000 y la demanda ha sido de 5000 por mes.

$$N = \frac{60000}{5000} = 12$$

Por tanto:

$$\text{costo anual de pedidos} = CoN = 25 \frac{60000}{5000} = 300$$

Se calcula el costo anual de mantenimiento de existencias:

$$\text{costo anual de mantenimiento de existencia} = Ch \frac{Q}{2} = 1.92 \frac{5000}{2} = 4800$$

Por lo que costo anual de mantenimiento de existencias y pedidos será:

$$CAMEP = 300 + 4800 = 5100$$

#### 4.4.2 Modelo con Descuentos.

Retomando el ejemplo anterior de STECO, el costo por artículo se consideraba como una constante independiente de  $Q$ . Sin embargo el proveedor de los cables de red de STECO le ofrecerá un descuento por cantidad como incentivo para incrementar sus compras. El proveedor ha accedido a otorgar un descuento de \$0.10 por cada cable de red comprado si STECO hace pedidos por partidas de 5000 unidades como mínimo. Por supuesto, las cantidades de tipo más elevado reducirán también el número de pedidos requeridos y, por consiguiente, el costo anual de pedidos. Como ya se dijo, un pedido por una gran cantidad conduce a un nivel de inventario promedio más alto y, por ende, a mayores costos de mantenimiento de existencia. No resulta obvio si el descuento será benéfico para STECO en términos generales.

El costo anual de STECO ( $CTA[Q]$ ) es la suma del costo anual de mantenimiento y de pedidos ( $CAMEP[Q]$ ) y el costo de compra anual ( $CCA$ ), es decir,

$$CTA [Q] = CCA + CAMEP [Q]$$

Y por el hecho de que  $Ch = iP$ ,

$$CAMEP = Co \left( \frac{D}{Q} \right) + iP \left( \frac{Q}{2} \right)$$

Observe que como  $Ch$  depende del precio de compra unitario  $P$ , la expresión para el  $CAMEP$  también incluye a  $P$ . el costo de compra anual es simplemente el precio de compra unitario multiplicado por la demanda anual. Así,

$$CCA = PD$$

De donde se desprende que

$$CTA [Q] = PD + Co(Q) + iP \left( \frac{Q}{2} \right)$$

Para conocer el efecto del descuento, evalué esta función con dos precios diferentes, el precio regular de \$8.00 por unidad y el precio de descuento potencial de \$7.90 por unidad.

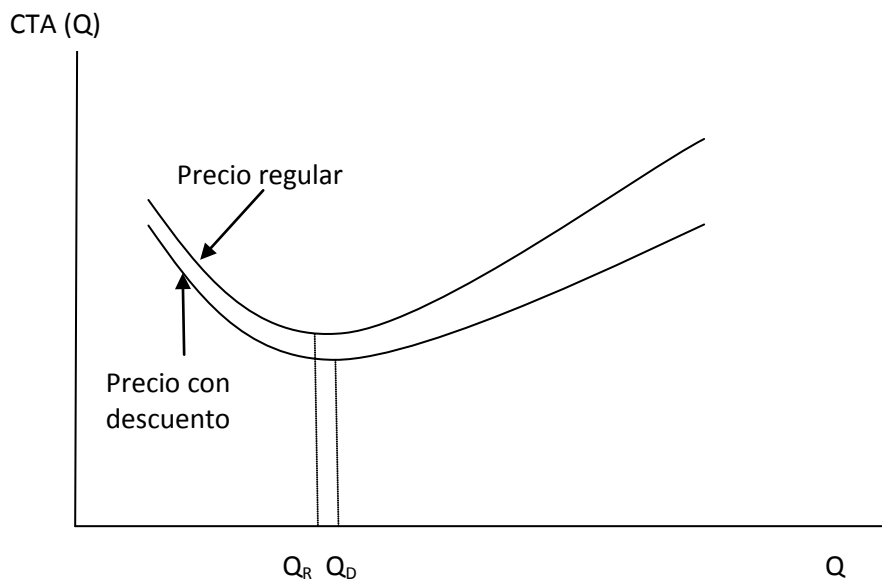
Ecuación del precio regular:

$$CTA [Q] = \frac{25 * 60000}{Q} + (0.24)(8.00) \left(\frac{Q}{2}\right) + (8.00)(6000)$$

Ecuación del precio con descuento:

$$CTA [Q] = \frac{25 * 60000}{Q} + (0.24)(7.90) \left(\frac{Q}{2}\right) + (7.90)(6000)$$

La forma general de estas curvas se ilustra en la siguiente figura:



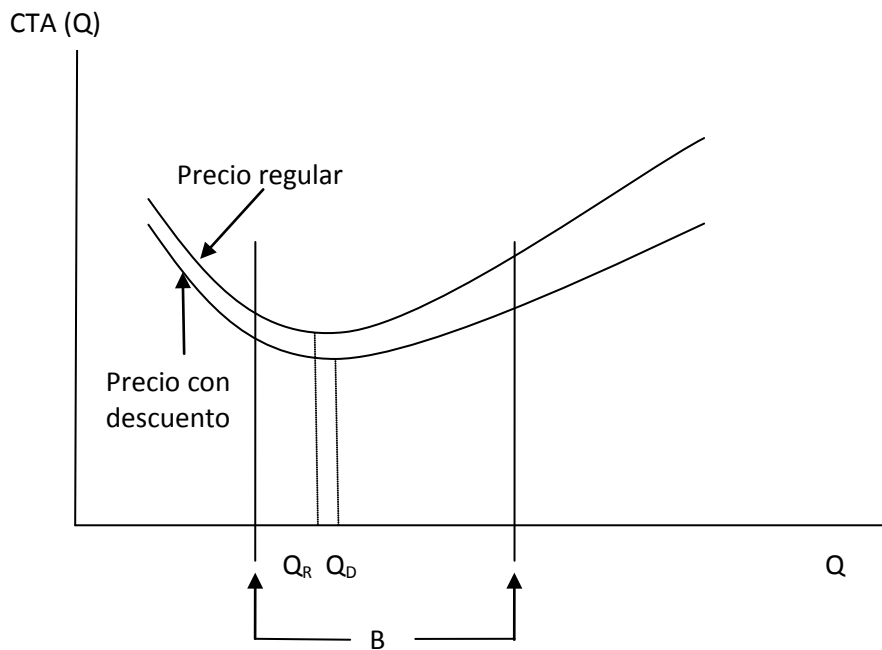
Aquí tenemos varias cosas que observar.

1. La curva de descuento está debajo de la curva de costo regular. Esto se debe a que cada término del precio regular CTA [Q] es igual o mayor que el término correspondiente en el precio con descuento CTA [Q].
2. El valor de Q, digamos Q\_D, que minimiza el precio con descuento CTA [Q] es mayor que el valor Q, digamos Q\_R, que minimiza el precio regular = CTA [Q]. Esto es válido porque, usando la ecuación



$$QR = \sqrt{\frac{2 * 25 * 6000}{(0.24)(7.90)}} > \sqrt{\frac{2 * 25 * 6000}{(0.24)(8.00)}} = QR$$

Como es obvio a STECO le agrada minimizar su costo total anual por lo que:



Así pues la regla general es

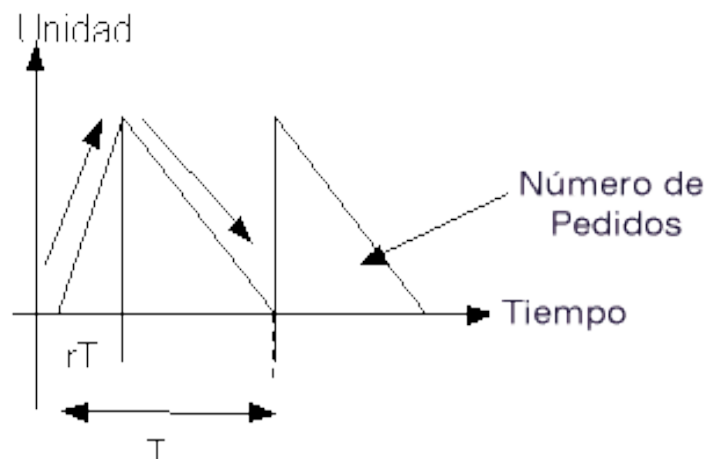
Si  $B \leq Q_D$ , pida  $Q_D$

Si  $B > Q_D$ , pida  $Q_R$  si el precio regular es  $\leq$  precio de descuento  
 $CTA [QR] \leq CT A [B]$   
 B si no es así.

#### 4.4.3 Modelo de producción y consumo.

S = Tasa de producción.

$$S > D.$$



Formulario:

$$t = \frac{Q}{S}$$

$$I_{max} = (S - D) * T = \left(1 - \frac{D}{S}\right) Q$$

$$Q = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_k \left(1 - \frac{D}{S}\right)}}$$

$$C_t = C_i D + C_o \frac{D}{Q} + \frac{C_k Q}{2} \left(1 - \frac{D}{S}\right)$$

Ejemplo:

Frecuentemente un gerente de producción desea tomar la producción, ya sea de comprar o manufacturar un artículo.

Suponga que un artículo puede ser comprado a \$25 la unidad o fabricado a una tasa de producción de 10,000 unidades por año, con un costo de \$22 la unidad. Sin embargo si lo compramos el costo de una orden es de 45 mientras que el costo de organizar una tanda de producción (Preparar el equipo) es de \$50. La demanda es de 2,500 unidades por año, el costo de conservar el inventario es de 10% del costo del producto. Determinar que es preferible, si comprar o manufacturar.

Comprar

$C_i = \$25$  u.

$C_o = \$5$

$C_h = 0.10(25) = \$2.5$

$D = 2,500$  u / año.

$$Q = \sqrt{\frac{2C_o D}{C_k}} = \sqrt{\frac{2 * 5 * 2500}{2.5}} = 100 \text{ unidades}$$

$$C_t = 25 * 2500 + 5 * \frac{2500}{100} + 2.5 * \frac{100}{2}$$

$$C_t = \$ 62,750$$

Manufacturar

S = 10,000 u / año.

Ci = \$22 unidades.

Co = \$50

D = 2,500 u / año.

Ch = 0.10 (22) = \$2.2

$$C_t = 25 * 2500 + 5 * \frac{2500}{100} + 2.5 * \frac{100}{2}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 C_o D}{C_h (1 - D/S)}} = \sqrt{\frac{2 * 50 * 2,500}{2.2(1 - \frac{2,500}{10,000})}} = 389 \text{ unidades.}$$

$$C_t = 55,692$$

De acuerdo con los costos obtenidos conviene mejor manufacturar el producto que comprarlo.

Una vez que el gerente ha decidido fabricar el producto desea conocer también:

- a) El inventario máximo.
- b) El tiempo de producción.
- c) El punto de re-orden (una orden tarda 1 semana en atenderse).
- d) El tiempo de ciclo.
- e) El tiempo en que no existe producción y que no se puede ocupar para dar mantenimiento a las maquinas.
- f) El inventario promedio.
- g) El número de órdenes de fabricación.

$$I_{\text{máx.}} = \left(1 - \frac{D}{S}\right) Q = \left(1 - \frac{2500}{10000}\right) 389 = 291.75$$

a)

$$T = \frac{Q}{S} = \frac{389}{10000} = 0.0389 \text{ años} \Rightarrow 14 \text{ días.}$$

b)

$$R = \frac{D * L}{385} = \frac{2500 * 7}{365} = 48$$

c)

$$T = \frac{Q}{D} = \frac{389}{2500} = 0.155 \text{ años} \Rightarrow 57 \text{ días.}$$

d)

$$e) T - t = 57 - 14 = 43$$

f)

$$\hat{i} = \frac{I_{\text{máx.}}}{2} = \frac{291}{2} = 146$$

g)

$$N = \frac{D}{Q} = \frac{2,500}{389} = 6$$

#### 4.4.4 Modelo con faltantes.

#### NOMENCLATURA GENERAL

Rubro	Símbolos	Definición	Unidades	Modelo
<b>COSTOS</b>	<b>p</b>	Precio, costo de producción	\$/ud	Todos
	<b>C<sub>o</sub></b>	Costo de ordenar o de preparación o de alistamiento	\$/pedido, \$/lote	Todos
	<b>C<sub>c</sub></b>	Costo de conservación	\$(ud*año)	todos
	<b>C<sub>op, i<sub>op</sub></sub></b>	Costo de oportunidad o tasa de interés de oportunidad	%/año	todos
	<b>C<sub>h</sub></b>	Costo de oportunidad o tasa de interés de oportunidad	\$(ud*año)	todos
	<b>C<sub>s</sub></b>	Costo de mantenimiento	\$(ud*año)	EOQ con faltantes permitidos
	<b>CT</b>	Costo de mantenimiento	%/año	
		Costo de faltantes		
		Costos totales		
<b>CANTIDAD</b>	<b>D</b>	Demanda total	Ud/periodo	Todos
	<b>Q</b>	Cantidad de pedido	Ud/ped ,	Todos
	<b>Q*</b>	o tamaño del lote	ud/lote	Todos
	<b>Q<sub>R</sub></b>	Cantidad económica	Ud/ped ,	Todos

ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES I

	<b>Q<sub>s</sub></b> <b>P</b>	de orden Cantidad de Re-orden o punto de Re-orden Cantidad permitida de faltantes  Tasa de producción o de suministro	ud/lote Ud/ped , ud/lote Ud/ped , ud/lote  Ud/periodo	EOQ con faltantes permitidos Todos
<b>TIEMPOS</b>	te	Tiempo de espera o preparación o alistamiento	Periodo / pedido	Todos
	t1	Tiempo entre pedidos	Periodo / pedido	Todos EOQ con abastecimiento
	t2	Tiempo empleado en la entrega o producción de un orden	Periodo / pedido	EOQ con abastecimiento
	t1	Tiempo empleado en consumo del inventario máximo	Periodo / pedido	EOQ con faltantes permitidos
	t2	Tiempo empleado en consumo del inventario máximo	Periodo / pedido	EOQ con faltantes permitidos
	t2	Tiempo empleado en la acumulación de faltantes	Periodo / pedido	EOQ con faltantes permitidos
	L	# de pedidos	Pedido / periodo	Todos

<b>Condiciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Demanda uniforme, constante continua</li> <li>2. Abastecimiento global</li> <li>3. precio constante</li> <li>4. tiempo de espera constante</li> <li>5. con faltantes permitidos</li> </ol>
<b>Graficas</b>	<p>The graph plots inventory level (Q) on the vertical axis against time on the horizontal axis. A downward-sloping line represents demand (D). A horizontal dashed line represents the reorder point (Qr). The inventory level at the reorder point is labeled Q-Qs. The time interval between the reorder point and the inventory reaching zero is labeled t1. The time interval between the inventory reaching zero and the inventory reaching the safety stock level (Qs) is labeled t2. The safety stock level is labeled Qs. The total inventory level at the reorder point is labeled Q. The graph also shows a shaded area representing the inventory level during the t2 period.</p>
<b>Q*</b>	$\sqrt{\frac{2DC_o * C_h + C_s}{C_h C_s}}$

<b>Q<sub>s</sub></b>	$\frac{C_h}{C_h + C_s} * Q$
<b>t1</b>	$\frac{Q - Q_s}{D}$
<b>t2</b>	$\frac{Q_s}{D}$
<b>T</b>	t1 + t2
<b>Q<sub>R</sub></b>	(te - t2) * D ; (t2 - te) * D
<b>CT</b>	$\frac{D}{Q} C_o + \frac{(Q - Q_s)^2}{2Q} C_h + \frac{Q_s^2}{2Q} C_s$
<b>Inv. Máximo</b>	Q - Q <sub>s</sub>
<b>L</b>	$\frac{D}{Q}$

#### 4.5 Modelos de inventarios probabilísticos.

Los modelos de inventario en donde la demanda es incierta o aleatoria en un periodo dado se denominan Modelos de Inventarios Probabilísticos. En estos modelos se incluyen algunas versiones del modelo EOQ para demanda incierta en los cuales se incorporan conceptos importantes como el stock de seguridad y el nivel de servicio. Existen dos modelos probabilísticos de revisión continua que algunos autores como Winston y Hillier denominan estrategia (R,Q). Anteriormente se asociaba este modelo con el método de las urnas, en el cual las unidades para un producto se colocaban en dos urnas. La capacidad de una es igual al punto de re-orden. Las unidades se extraen primero de la otra urna. Una vez que este contenedor se vacía es señal para colocar un pedido nuevo. Durante el tiempo de entrega hasta que se recibe el nuevo pedido, las unidades son extraídas de la primera urna, como una especie de stock de seguridad. Este modelo se basa en los criterios "R", el cual se identifica como punto de re-orden y "Q", que denota la cantidad a ordenar.

Una política de inventario basada en estos dos números críticos es sencilla. Siempre que el nivel de inventario de un producto baje a "R" unidades, se coloca una orden de "Q" unidades para reabastecer el inventario. Las suposiciones que se deben cumplir al aplicar este modelo según Hillier son:

1. Cada aplicación se refiere a un solo producto. Lo que significa que no se pueden incluir dos más productos a la vez.
2. El nivel de inventario está bajo revisión continua, por lo que su valor actual se conoce.
3. Debe usarse una política (R,Q), entonces las únicas decisiones que deben tomarse son las elecciones de R y Q.

4. Existe un tiempo de entrega entre la colocación de una orden y la recepción de la cantidad ordenada. Este tiempo de entrega puede ser fijo o variable.
5. La demanda para retirar unidades del inventario y venderlas durante este tiempo de entrega es incierta. Sin embargo, se conoce o se puede estimar la distribución de probabilidad de la demanda.
6. Si ocurren faltantes antes de recibir la orden, el exceso de demanda queda pendiente, de manera que estos costos faltantes se satisfacen cuando llega la orden.
7. Se incurre en un costo de preparación (denotado por K) cada vez que se coloca una orden.
8. Se incurre en un costo de mantener (denotado por h) por cada unidad en inventario por unidad de tiempo.
9. Cuando ocurren faltantes, se incurre en un costo por faltantes (denotado por p) por cada unidad que falta por unidad de tiempo hasta que se satisface la demanda pendiente.

### **Selección de la Cantidad a Ordenar**

El enfoque más directo para elegir Q para este modelo es con la fórmula

$$Q = \sqrt{\frac{2AK}{h}} \sqrt{\frac{h+p}{p}}$$
 en donde "A" es la demanda promedio por unidad de tiempo, "K" es el costo de preparación, "h" es el costo por mantener en inventario y "p" representa el costo por faltante. Hillier indica que "ésta Q es solo una aproximación de la cantidad a ordenar óptima, sin embargo, no se dispone de una fórmula para el valor exacto de esa cantidad, pero la aproximación dada es bastante buena."

### **Selección del Punto de Re-orden**

Un enfoque común para elegir el punto de re-orden R se basa en el nivel deseado por la administración de servicio al cliente, el cual se puede definir de varias formas, como se describe a continuación:

1. La probabilidad de que ocurra un faltante entre la colocación de la orden y la recepción de pedido.
2. El número promedio de faltantes por año.
3. El porcentaje promedio de la demanda anual que se satisface de inmediato.
4. El retraso promedio en satisfacer las órdenes pendientes cuando ocurre un faltante.
5. El retraso promedio global para satisfacer las órdenes.

#### 4.5.1 Nivel de servicio e inventario de seguridad.

Algunas definiciones que es necesario considerar antes de proseguir con la descripción de estos modelos de inventario se describen brevemente al tomarlas del libro Administración de Producción y Operaciones de Gaither, las cuales se detallan a continuación:

DDLT	Tiempo de plazo de entrega
EDDLT	Demanda esperada durante el plazo de entrega (Lead Time), es la media de la distribución DDLT.
Nivel de existencias de seguridad óptimo	Cantidad de existencia de seguridad, que es el punto de pedido (R o también denominado OP) menos la demanda esperada durante el Plazo de entrega (EDDLT) que equilibra los costos por excedentes esperados y los costos por faltantes esperados durante el plazo de entrega. También se le conoce como Safety Stock (SS).
Nivel de servicio.	Probabilidad de que no ocurra un faltante durante el tiempo de entrega. Por ejemplo, un nivel de servicio de 90% significa que existe la posibilidad de 10% de un faltante de almacén.

Una vez que se describieron estos conceptos, se prosigue a detallar cada modelo y sus condiciones.

#### 4.5.2 Modelo de Cantidad Fija.

Este modelo considera que los datos obtenidos se distribuyen normalmente con media (EDDLT) y desviación estándar ( $DDL\sigma$ ).

La demanda durante el tiempo de entrega es = EDDL

El punto de Re-orden OP (R) se calcula con la fórmula  $Z (\sigma_{DDL}) DDL OP = EDDL + \sigma$

El valor de Z se lee de la Tabla de la Distribución Normal (Área bajo la curva). Si queremos un nivel de servicio del 95%, buscamos el valor de 0.95 en el cuerpo de tabla y después se obtiene el valor de Z de 1.64.

El valor de Q, como se mencionó anteriormente se calcula a través de la aplicación de la fórmula



$$Q = \sqrt{\frac{2AK}{h}} \sqrt{\frac{h+p}{p}}$$

Finalmente, una vez conocido el punto de re-orden y el tamaño de pedido, podemos determinar el Stock de Seguridad mediante la fórmula  $SS = OP - EDDL$ .

Algunas ocasiones es difícil obtener datos de DDLT. En estos casos es conveniente obtener datos de la demanda diaria y suponer un plazo de entrega constante. Dado que los datos de la demanda diaria e histórica generalmente están muy disponibles y el plazo de entrega por lo general está sujeto a menor variación que la demanda diaria, el modelo 2 puede resultar muy útil, según lo explica Gaither y Frazier.

#### 4.5.3 Modelo de Periodo Fijo.

Este modelo supone que el tiempo de entrega es constante y que la demanda diaria presenta una distribución normal, en donde

$$EDDL = LT(\bar{d}) \text{ y } \sigma = \sqrt{LT(\sigma_d)^2}$$

El punto de Re-orden OP (R) se calcula con la fórmula  $Z(\alpha) DDLT + OP = EDDL + \sigma$  y el valor de Q mediante la fórmula

$$Q = \sqrt{\frac{2AK}{h}} \sqrt{\frac{h+p}{p}}$$

Al igual que en el modelo anterior, el inventario de seguridad se calcula mediante la fórmula  $SS = OP - EDDL$ .

Ejercicios de la unidad 4.

Actividad 5. Cuestionario

¿Cuáles son los tipos de costos que hay en los inventarios? Explícalos.

Menciona por lo menos tres ventajas y tres desventajas de los inventarios.

¿Qué es un inventario?

Menciona por lo menos tres ejemplos reales que se encuentren en el laboratorio de manufactura de diferentes tipos de inventarios.

Actividad 6.

Investigar los datos reales de una empresa de la zona y poner en práctica lo aprendido de inventarios.

## 5. Administración de Almacenes.

Contrario a lo que parece, el almacén ocupa un lugar muy importante dentro de la empresa y es un área no muy sencilla de manejar. El almacén es un lugar en donde existe mucho movimiento y debido a esto, puede ser un tanto difícil darse cuenta realmente de lo que sucede dentro de él.

Establecer un control de los artículos y registrar los datos pertinentes a sus movimientos es de gran importancia, pues así se tiene una mejor idea de cómo funciona, pudiendo realizar análisis estadísticos concernientes a su desempeño.

Los principales tipos de datos necesarios para mejorar el control de los materiales son los datos relacionados con cada tipo de artículo, los datos relacionados con la entrada y salida de estos artículos y los datos relacionados con la ubicación de los artículos dentro del almacén.

### 5.1 Funciones del almacén.

El almacén es un espacio del que disponen casi todas las empresas, ya sea de mayor o menor tamaño, contenido y complejidad. Es un área desconocida dentro de la empresa, pero muy importante en el desarrollo de la organización.

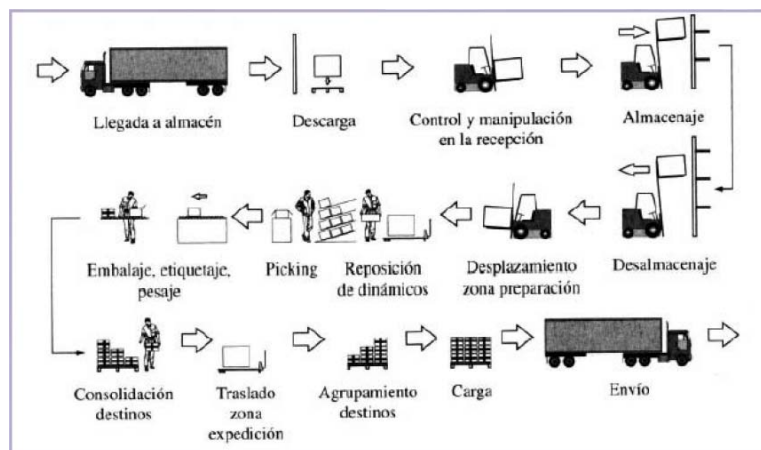
En el ámbito de la gestión empresarial, el almacén se define como el lugar donde se guardan las existencias, materiales y herramientas. Los materiales guardados se refieren tanto a necesidades productivas y comerciales como a elementos que garanticen el funcionamiento de la organización (mantenimiento, servicios generales, materiales diversos, etc.). En su aplicación comercial, el almacén puede ser utilizado como establecimiento al por mayor o como distribuidor para repartir al detallista.

Su función básica es la de “almacenamiento”, entendiendo como tal la introducción de datos o productos en un archivo o lugar físico para ser guardados allí hasta el momento de su utilización.

Por tanto, el almacén se utiliza, en primer lugar, para guardar y conservar existencias, materiales y herramientas de una forma ordenada, manteniendo siempre una cantidad mínima que asegure la comercialización de los productos y el consumo y uso de los materiales y herramientas allí depositadas.

Los siguientes puntos resumen algunas de las principales características de los almacenes:

- ✓ Constituyen los puntos fijos del sistema logístico.
- ✓ Entre ellos se mueven los elementos de transporte.
- ✓ El almacén absorbe un % del costo logístico.
- ✓ Son básicos para una buena calidad de servicio.
- ✓ Una acertada gestión de almacén permite eliminar las fluctuaciones de demanda haciendo posible la realización de una programación en lotes económicamente variables.
- ✓ De cara al cliente disminuye el plazo de entrega y garantiza su existencia, liberándolo de tener sus propios stocks.
- ✓ Un nivel de almacenamiento acertado permite conseguir mejor precio de compra (mayores lotes) y reducir los costos de transporte.



### 5.1.1 Manejo físico de los inventarios.

Los materiales deberán tener localizaciones físicas específicas para las actividades normales de almacén.

Planificar un flujo de materiales en línea recta (recepción, almacenamiento, despacho).

Separar las áreas de recepción y despacho de materiales.

Considerar áreas separadas físicamente para materiales dañados, reparables o no, etc.

Ubicar los materiales que requieren condiciones especiales de almacenamiento en áreas especialmente acondicionadas para tal fin.

También se deberán diseñar pasillos de circulación lo suficientemente anchos para permitir la circulación.

Todos los pasillos secundarios deben fluir a un pasillo principal.

Establecer áreas protegidas para materiales valiosos.

Plataformas de descarga a la altura de los vehículos de transporte típicos.

Las puertas de acceso y salida fácilmente manipulables.

Disponer de suficiente espacio en el área de recepción de materiales para el control de calidad.

### 5.1.2 Recepción.

El realizar la recepción de material en tiempo y forma permitirá en un almacén:

- ✓ Repartir la carga de trabajo de manera más uniforme.
- ✓ No causa tantas interrupciones a las actividades del almacén.
- ✓ Permite disponer de información más precisa sobre las existencias.

### 5.1.3 Organización.

La codificación de los materiales se realiza con el fin de dar una descripción y hacer una identificación rápida de éstos. Al estar usando una clave para cada artículo la identificación es más rápida porque de esta forma se evitan equivocaciones cuando los nombres de los artículos son muy largos o muy parecidos entre sí.

La lista de materiales codificados sirve también como un medio de comunicación entre los distintos departamentos de la empresa, pues gracias al código se sabe bien de que material se trata, sin importar que el departamento que haga referencia a él sea el de producción o el de compras, y esto mejora la comunicación entre ellos. Es importante que todo el personal maneje el mismo catálogo codificado.

La codificación se puede realizar a conveniencia de cada industria; solo para citar un ejemplo se puede mencionar el método de codificación alfanumérico, es decir, el código va a estar compuesto por letras y números.

Por ejemplo el código puede constar de tres letras y dos números. La primera letra indicara si el artículo es destinado como materia prima a la producción o es material auxiliar para el buen funcionamiento de cualquier maquinaria. La segunda letra puede provenir de un análisis ABC, para distinguir a los materiales que requieren de mayor seguimiento y observación. La tercera letra sirve para indicar el tipo de familia a la que pertenece el artículo y finalmente, los números son para llevar un orden dentro de cada familia.

#### 5.1.4 Despacho.

El despacho en un almacén es dar salida al inventario que se tiene en resguardo de una forma controlada. Se puede auxiliar con los métodos PEPS y UEPS.

**METODO PEPS.** Siglas que significan primeras entradas-primeras salidas, nombre con el que se designa el método de valuación de inventarios que consiste en suponer que los primeros artículos que entran al almacén o a la producción son los primeros en salir. Por lo tanto al finalizar el ejercicio, las existencias quedan prácticamente registradas a los últimos precios de adquisición.

**METODO UEPS.** Siglas que significan últimas entradas-primeras salidas, nombre con el que se designa el método de valuación de inventarios que consiste en suponer que los últimos artículos en entrar al almacén o a la producción, son los primeros en salir. Por lo tanto, al finalizar el ejercicio las existencias quedan registradas a los precios de adquisición o producción más antiguos.

#### 5.1.5 Mantenimiento de registros.

Como ya se menciona es muy útil poner en práctica los métodos PEPS y UEPS para crear controles de acceso y salidas de los inventarios. Se sugiere efectuar un conteo artículo por artículo y comparar contra lo que anuncia el kardex, las diferencias son cuidadosamente anotadas y sometidas aun análisis posterior.

**Kardex:** es el control de inventarios que se lleva en una empresa. Es el cuadro en donde pones como encabezado nombre de la empresa, kardex de inventario, fecha, en que moneda se expresa y el cuadro como tal, contiene número de unidades, método de inventario (PEPS, UEPS,etc.), valor de cada unidad, unidades que compra y vende la empresa y monto en moneda de los ingresos y egresos.

## 5.2 Localización y distribución de los almacenes.

La localización y distribución que debe obedecerse en un almacén debe de tener los siguientes principios:

- ✓ Mínimos recorridos (clasificar nuestras existencias según el método ABC).
- ✓ Facilidad de acceso al stock: Modulación ubicaciones.
- ✓ Facilidad de recuento.
- ✓ Minimizar: espacio, tráfico, movimientos, riesgos.
- ✓ La estructura e implantación deben ser flexibles para adaptarse a futuras necesidades.
- ✓ Aprovechamiento del espacio: Superficie y volumetría.
- ✓ Mínima manipulación: unidades de almacenaje, unidades de manipulación.
- ✓ Flexibilidad en la colocación: Espacios libres, previsión de espacios.
- ✓ Las cantidades almacenadas se calcularán para que los costos que se originen sean mínimos, siempre que se mantengan los niveles de servicio

## 5.3 Selección de Mobiliario y Equipo de almacén.

Seleccionar el sistema de almacenamiento apropiado para una aplicación implica compaginar las necesidades de movimiento y almacén con las características de equipamiento.

Esto implica compaginar dos objetivos contrapuestos que son: Maximizar el uso del volumen, y permitir un fácil y rápido acceso a los productos almacenados.

En general se puede admitir que un sistema de almacén bien diseñado debería:

- ✓ Usar adecuadamente el volumen construido
- ✓ Facilitar el acceso a los productos, minimizar las distancias recorridas y favorecer el flujo de bienes.
- ✓ Favorecer el movimiento y el control de stocks.
- ✓ Proteger contra incendios, daños y robos.
- ✓ Prevenir el deterioro y/o la contaminación del stock.

La selección del equipamiento debería tener en cuenta la siguiente información:

- ✓ Características físicas de los bienes almacenados.
- ✓ Contaminación-olores que pueden afectar a los bienes.

- ✓ Riesgos asociados a los bienes: Incendios, gases...
- ✓ Factores de deterioro, obsolescencia y caducidad.
- ✓ Valor de los bienes.
- ✓ Número de líneas en los pedidos.
- ✓ Número de referencias.
- ✓ Niveles mínimos, máximos y medios de stock.
- ✓ Disponibilidad de capital.
- ✓ Características del equipamiento disponible.

#### 5.4 Sistemas informáticos de administración de inventarios.

Los sistemas informáticos deben de permitir la alta precisión y velocidad en la captura de datos (por ejemplo a través de códigos de barras), facilitar la consignación de entrada y salida de materiales y la toma física de inventarios y; generalmente hacen uso de ERP (Enterprise Resource Planning).

Existen varias empresas desarrolladoras de software en la industria a nivel comercial, se mencionan los siguientes solo por mencionar algunas:

Control de Activos Fijos [www.ConsultoriayAvaluos.com.mx](http://www.ConsultoriayAvaluos.com.mx)  
 Inventario, Valuación, Emplacado con código de barras y Conciliación.

##### StockWare SA de CV

Desarrollo, comercialización y puesta en operación de sistemas para el control de inventario de negocios de compra y venta.»

Categoría: Software de gestión | Rubros: control del inventario, tiendas de abarrotes, comercial abarrotera | Estado: Distrito Federal

##### ERP Objects

Software administrativo para el manejo de negocios de comercialización, distribución y mayoreo. Control de inventario, cotizaciones, sucursales y puntos de venta. Tijuana.

Categoría: Software de gestión | Estado: Baja California

##### XpertMart

Software de puntos de venta y control de inventario para cadenas de tienda de moda. Consultoría, capacitación e implementación del producto.

Categoría: Sistemas de Facturación | Rubros: point of sale, office system, last minute | Estado: Distrito Federal

##### BM Solutions

Sistemas de administración de empresas en línea: cobranza, ventas e inventario. Acceda a estas herramientas a través de Internet por medio de cualquier dispositivo como PC, laptop, celular, PDA, sin necesidad de instalación.

Categoría: Software de gestión | Rubros: administración de inventarios, parque industrial lagunero, sistemas de inventario | Estado: Durango



## SCS

Centro de desarrollo de sistemas informáticos comerciales y organismos de gobierno. Desarrollo en Java de programas de administración, puntos de venta, control de inventario y recursos humanos.

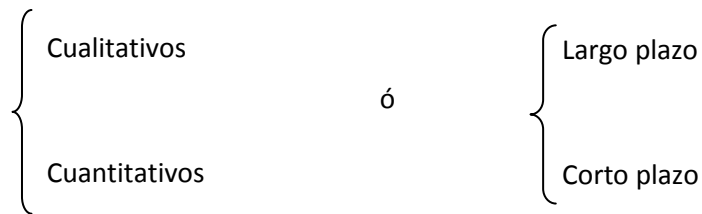
Respuestas a algunas actividades.

Actividad 1.

1. .
2. Artesanal-Masa-Esbelta.
3. .
4. La administración de operaciones lleva implícito el proceso administrativo.

Actividad 2.

1. Todos los pronósticos están equivocados. Todos los pronósticos cambian. Alguien es responsable del pronóstico.
2. Reducir la incertidumbre para poder tomar decisiones.
3. Para saber si obedece a algún patrón y utilizar el método adecuado.
4. .



Actividad 4.

Capacidad máxima: 35 y 10 respectivamente.

## Bibliografía y/o referencias

Investigación de operaciones en la ciencia administrativa

G.D. Eppen, F.J. Gould, C.P. Schmidt, Jeffrey H. Moore y Larry R. Weatherford

Editorial Pearson 5<sup>ta</sup> edición.

Investigación de Operaciones.

Hillier, Frederick S.

2002.

Operations Management

Gaither, Norman

Thomson, Novena edición (2002).

Guía práctica de control y planeación de la producción.

Unidad politécnica para el desarrollo y la competitividad empresarial (updce).

2006

Características de la demanda

<http://www.slideshare.net/guestb9bf58/administracion-de-operaciones-i-unidad-ii-pronosticos-de-la-demanda>

4/abril de 2011

Control de materiales

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lii/leon\\_lf/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/leon_lf/capitulo2.pdf)

7/junio de 2011

Inventarios

<http://www.angelfire.com/in4/ioperaciones/investigacion.htm>

7/julio de 2011

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lii/rosas\\_m\\_jp/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lii/rosas_m_jp/capitulo4.pdf)

7/julio de 2011

Árboles de Decisión

[http://ciat-library.ciat.cgiar.org/documentos\\_electronicos\\_ciat/articulos\\_ciat/Manual\\_Arbol\\_es.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/documentos_electronicos_ciat/articulos_ciat/Manual_Arbol_es.pdf)

8/julio de 2011

<http://www.smartsoftint.com/esp/tecnologia/arboles-de-decision.html>

8/julio de 2011