

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN TEXTO GUÍA PARA LA ASIGNATURA MANEJO DE  
MATERIALES Y CONTROL DE INVENTARIOS**

**ALBA LUZ DUARTE MORATTO  
LIZETH BENILDA GARNICA VEGA**

**TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA**

**2002**

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN TEXTO GUÍA PARA LA ASIGNATURA MANEJO DE  
MATERIALES Y CONTROL DE INVENTARIOS**

**ALBA LUZ DUARTE MORATTO  
LIZETH BENILDA GARNICA VEGA**

**Trabajo de grado presentado  
como requisito para optar el  
Titulo de Ingeniero Industrial**

**Director: Gonzalo Cardozo  
Ing. Industrial**

**TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA**

**2002**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

-----

-----

-----

-----

**Presidente del Jurado**

-----

**Jurado**

-----

**Jurado**

**Cartagena, Octubre 16 del 2001**

## **DEDICATORIA**

Agradezco primeramente a Dios que me ha dado la vida, la salud, la sabiduría, la inteligencia y las fuerzas para alcanzar grandes metas.

A mis Padres y Hermano por su amor, comprensión, apoyo y Ánimo para el logro de esta meta.

A mi compañera de tesis la Señorita Lizeth Garnica Vega por permitirme trabajar junto a ella en éste proyecto y poder recibir juntas el título de Ingenieras Industriales. También por su esfuerzo, paciencia, comprensión y carisma.

A mi Asesor el Señor Gonzalo Cardozo Correa por sus conocimientos impartidos, entusiasmo y paciencia que hicieron de éste proyecto una valiosa inversión que me servirá de una u otra forma en mi desempeño como profesional.

A todas y cada una de aquellas personas que hicieron de este sueño una realidad: familiares, amigos, compañeros, decanos, ingenieros y secretarias muchas gracias!!. Que Dios les de mucho más abundantemente de lo que desean en sus corazones.

**Alba Luz Duarte**

## **DEDICATORIA**

Agradezco ante todo a Dios, quien con su amor hizo realidad esta meta, dándome la inteligencia para el logro de este sueño.

A mis padres, quienes con su apoyo, paciencia y empeño me dieron fuerzas para seguir adelante y no desfallecer.

A mi compañera de tesis, la señorita Alba Luz Duarte, ya que siempre estuvo allí para darme ánimos en los momentos en que más lo necesitaba.

A mi director de tesis, el señor Gonzalo Cardozo, quien con sus enseñanzas y entusiasmo, hizo de este proyecto, un trabajo agradable e inolvidable.

A la señora Justina Moratto y el señor Arnulfo Duarte, quienes con su atención y apoyo formaron parte importante del logro de este proyecto.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron e hicieron posible el alcance de esta meta.

**Lizeth Garnica Vega**

## **AGRADECIMIENTOS**

Las autoras de este proyecto expresan sus agradecimientos a:

Gonzalo Cardozo, Ingeniero Industrial, Director y Asesor del Proyecto.

Las empresas que colaboraron para llevar a cabo el proyecto.

Todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

### **Artículo 107**

La Institución se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de Grado aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización. Esta observación debe quedar impresa en parte visible del proyecto.

## CONTENIDO

Pág.

### INTRODUCCIÓN

#### 1. ACTUALIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MATERIALES FRENTE A LAS NORMAS ISO 9000 VERSION 2000

##### 1.1 INTRODUCCIÓN

##### 1.2 NUEVO ENFOQUE BASADO EN PROCESOS

###### 1.2.1 Definición de proceso

###### 1.2.2 Modelo del proceso

###### 1.2.3 Conceptos básicos de procesos

###### 1.2.4 Tipos de procesos

##### 1.3 ESTRUCTURA DE GESTIÓN DE LOS PROCESOS

##### 1.4 DIFERENCIAS ENTRE FUNCIÓN Y PROCESOS

##### 1.5 INTERRRELACIONES

###### 1.5.1 Tipos de interrelaciones

##### 1.6 CONCLUSIÓN

#### 2. PROCESO DE COMPRAS

##### 2.1 INTRODUCCIÓN

##### 2.2 DEFINICIÓN DEL PROCESO DE COMPRA

##### 2.3 SUBPROCESO DE PLANEACIÓN DE LAS COMPRAS

###### 2.3.1 Objetivos del subproceso de planeación de compras

###### 2.3.2 Políticas

###### 2.3.3 Desarrollo del subproceso de planeación de las compras

###### 2.3.3.1 PROCEDIMIENTO 1 \_ Interrelación del proceso de compras con los



demás procesos de la empresa

2.3.3.2 PROCEDIMIENTO 2 - Selección y evaluación de proveedores

2.4 SUBPROCESO DE PROGRAMACIÓN DE LAS COMPRAS

2.5 SUBPROCESO DE SELECCIÓN Y EJECUCIÓN

2.5.1 Selección

2.5.2 Ejecución

2.5.3 Tráfico y transporte

2.6 SUBPROCESO DE CONTROL Y GESTIÓN

2.6.1 Indicador de gestión

2.6.2 Indicadores de gestión para el proceso de compras

2.7 MANUAL DE LOS SUBPROCESOS DE COMPRAS

3. TRÁFICO Y TRANSPORTE

3.1 INTRODUCCIÓN

3.2 HISTORIA DEL TRANSPORTE EN COLOMBIA

3.2.1 El Transporte ferroviario en Colombia

3.2.2 Transporte fluvial en Colombia

3.3 ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DE TRÁFICO Y TRANSPORTE

3.3.1 Selección modal

3.3.2 Criterios para seleccionar la mejor alternativa de transporte

3.3.3 Tarifas del transporte

3.3.3.1 Variaciones dentro de la estructura de tarifas establecidas

3.3.4 Auditoria y pago de los cargos por carga

3.3.5 Expedatación y rastreo

3.3.6 Evaluación de costo y tiempo

3.4 INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE EN COLOMBIA

3.4.1 Cláusula libre a bordo

3.4.2 Modos de transporte

3.4.2.1 Transporte terrestre

3.4.2.2 Transporte marítimo

3.4.2.3 Transporte aéreo

3.4.3 Términos INCOTERMS

3.4.4 Transporte de mercancía peligrosa

3.4.4.1 Normalización técnica

3.4.4.2 Reglamento del transporte

3.4.4.3 Sistema de control y vigilancia

4. PROCESO DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LOS INVENTARIOS

4.1 INTRODUCCIÓN

4.2 DEFINICIÓN

4.3 COSTOS RELACIONADOS CON EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LOS INVENTARIOS

4.4 SUBPROCESO DE PLANEACIÓN

4.4.1 Objetivo general

4.4.1.1 Objetivos específicos

4.4.2 Políticas del control de los inventarios

4.4.3 Planes y normas

4.4.4 Desarrollo del subproceso de planeación de los inventarios

4.4.4.1 Procedimiento 1 - Interrelación del proceso de administración y control de los inventarios con los demás procesos de la empresa

4.4.4.2 Procedimiento 2 - Análisis de la valoración de los inventarios

4.4.4.3 Procedimiento 3 - Análisis de la clasificación de los inventarios

4.4.4.4 Procedimiento 4 -

3.4.4.3 Planeación de los requerimientos de los materiales

#### 4.5 SUBPROCESO DE PROGRAMACIÓN

4.5.1 Procedimiento 1 – Establecer criterios de reposición

4.5.2 Procedimiento 2 - Establecer los modelos y sistemas P y Q de inventarios

4.5.2.1 Modelos de control de inventario

4.5.2.2 Sistemas P y Q

#### 4.6 SUBPROCESO DE EJECUCIÓN

#### 4.7 SUBPROCESO DE CONTROL Y GESTIÓN

### 5. PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE LOS ALMACENES

#### 5.1 INTRODUCCIÓN

#### 5.2 DEFINICIÓN DE ALMACEN

5.2.1 Principios básicos del almacén

5.2.2 Procedimientos generales de un almacén

#### 5.3 SUBPROCESO DE PLANEACIÓN

5.3.1 Objetivos del subproceso de planeación de almacén

5.3.2 Procedimiento 1 - Interrelación del proceso de administración de los almacenes con los demás procesos de la empresa

5.3.3 Procedimiento 2 - Clasificación de los almacenes

5.3.3.1 Almacenamiento según la actividad de la empresa

5.3.3.2 Almacenamiento según la naturaleza del material

5.3.3.3 Almacenamiento según los procesos productivos

5.3.3.4 Sistema de codificación

#### 5.3.4 Procedimiento 3 - Distribución óptima de los almacenes

##### 5.3.4.1 Estudio de tiempos y movimientos

##### 5.3.4.2 Distribución del área de recepción

##### 5.3.4.3 Distribución del área de almacenamiento

##### 5.3.4.4 Distribución del área de entrega

#### 5.3.5 Procedimiento 4 - Manejo de excedentes

### 5.4 SUBPROCESO DE PROGRAMACIÓN

### 5.5 SUBPROCESO DE EJECUCIÓN

#### 5.5.1 Procedimiento de entrada

#### 5.5.2 Procedimiento de almacenamiento

#### 5.5.3 Procedimiento de entrega

### 5.6 PROCEDIMIENTO DE CONTROL Y GESTIÓN

## 6. MANEJO DE MATERIALES

### 6.1 INTRODUCCIÓN

### 6.2 DEFINICIÓN

### 6.3 PLAN DE MANIPULACIÓN DE MATERIALES

### 6.4 UNIDADES MODULARES DE ALMACENAMIENTO

#### 6.4.1 Tarimas

##### 6.4.1.1 Tipos de tarimas

##### 6.4.1.2 Paletización

##### 6.4.1.3 Patrones de cargas

##### 6.4.1.4 Elementos para estabilizar la carga

#### 6.4.2 Contenedores

##### 6.4.2.1 Clases de contenedores

##### 6.4.2.2 Sistemas de manipulación de contenedores

6.4.2.3 Accesorios para la manipulación de contenedores

6.4.3 Cestas

6.4.3.1 Tipos de cestas

6.4.4 Tanques

6.4.5 Otros tipos de unidades modulares

6.5 EQUIPOS PARA LA MANIPULACIÓN DE LOS MATERIALES

6.5.1 Equipos de trayectoria horizontal

6.5.1.1 Equipos de trayectoria fija

6.5.1.2 Equipos de Trayectoria Móvil

6.5.2 Equipos de trayectoria vertical

6.5.3 Equipos de trayectoria horizontal y vertical

6.6 EQUIPO PARA EL MANEJO DE MATERIALES AL GRANEL

6.7 AUTOMATIZACIÓN EN EL MANEJO DE MATERIALES

6.7.1 Estanterías automatizadas

6.7.2 Paletizadores

6.7.3 Ensacadores

6.7.4 Envolvedoras

6.7.5 Despaletizadores

6.7.6 Apiladores

6.7.7 Descargadores de sacos a granel

## **7. SEGURIDAD EN ALMACÉN**

7.1 INTRODUCCIÓN

7.2 SEÑALIZACIONES

7.3 EQUIPOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

7.3.1. Equipos de protección contra incendios.

7.3.1.1 Extintores portátiles

7.3.1.2 Mangueras

7.3.1.3 Dispositivos especiales contra incendio

7.3.2. Equipos de protección para el trabajador

## 7.4 ERGONOMIA

7.4.1 Origen

7.4.2 Definición

7.4.3 Objetivos de la ergonomía

7.4.4 Clasificación

7.4.5 Métodos utilizados en la ergonomía

7.4.5.1 Capacidades vs. Trabajo

7.4.6 Prevención y control de riesgos ergonómicos

7.4.7 Implementación del programa ergonómico.

## 7.5 PASOS ADECUADOS PARA EL USO DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD Y EL LEVANTAMIENTO DE OBJETOS PESADOS

## 7.6 PROGRAMAS DE HIGIENE EN BODEGAS

## 7.7 NORMAS Y ARTÍCULOS DE PREVENCIÓN EN LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA

7.7.1 Normas de seguridad para el manejo de montacargas

7.7.2 Artículos para el manejo y transporte mecánico de los materiales (75-79 Resolución 02400 de 1979 Ministerio de trabajo y seguridad social)

7.7.3 Artículos de seguridad para el manejo y mantenimiento de silos y tolvas (334-335 Noviembre 5 de 1993 decreto 2222)

7.7.4 Artículos de seguridad para la Manipulación de Escaleras dentro del Área de Almacenamiento (136-137 resolución 2413 mayo 22 de 1979)

7.7.5 Artículos de seguridad para la manipulación bandas transportadoras

(331 decreto 2222 nov 5 de 1993)

7.7.6 Artículos de seguridad para el almacenamiento de explosivos (327-329 decreto 2222 nov 5 de 1993)

7.7.7 Artículos de seguridad para el transporte de explosivos (326 -327)

7.7.8 La higiene en los lugares de trabajo. Orden y limpieza (23-24 mayo 22 de 1979 resolución 02400)

7.7.9 artículos de seguridad para el manejo de sustancias inflamables y explosivas (46-47 mayo 22 de 1979 resolución 02400)

7.7.10 Artículos de seguridad para el manejo de equipos – tanques y recipientes de almacenamiento ( 65-69 mayo 22 de 1979 resolución 02400)

7.7.11 Otros artículos

## 7.8 PLANES DE CONTINGENCIA

7.8.1 Medidas de seguridad para el control de derrames o fugas

7.8.2 Medidas de seguridad para el almacenamiento de sustancias químicas

## 8. MANEJO DE EXCEDENTES

### 8.1 INTRODUCCIÓN

### 8.2 DEFINICIÓN

### 8.3 OBJETIVOS DEL PROCEDIMIENTO

8.3.1 Objetivo general

8.3.2 Objetivos específicos

### 8.4 CLASIFICACIÓN DE LOS EXCEDENTES

8.4.1 Materiales generados por el proceso de almacenamiento

8.4.2 Materiales generados por los usuarios

8.5 ACTIVIDADES A EJECUTAR EN LA SELECCIÓN DE EXCEDENTES GENERADOS POR EL PROCESO DE ALMACENAMIENTO.

8.6 ACTIVIDADES A EJECUTAR PARA LA SELECCIÓN DE EXCEDENTES DE USUARIOS

8.7 COORDINACIÓN DEL RETIRO DE MATERIALES EXCEDENTES POR PARTE DEL PROCESO DE ALMACENAMIENTO

8.8 NORMAS PARA EL TRÁMITE DE MANEJO DE EQUIPO RETIRADO DE SERVICIO Y ELEMENTOS NO UTILIZABLES POR LA EMPRESA

8.9 PERSONAL RESPONSABLE PARA AUTORIZAR LA VENTA, DONACIÓN, BAJA O REPROCESO DEL MATERIAL O EQUIPO

8.10 NORMAS BÁSICAS PARA EL MANEJO SISTEMATIZADO DE EXCEDENTES, SISTEMA DE BODEGA EN TIEMPO REAL

8.11 VENTAS

8.11.1 Ventas directas a entidades oficiales

8.11.2 Ventas directas a cualquier persona o entidades

8.11.3 Consideraciones sobre materiales de desechos

8.12 REMATES

8.12.1 Fecha de celebración del remate o fecha de cierre de la licitación

8.12.2 Lugar de celebración

8.12.3 Avisos y relaciones

8.12.4 Transporte

8.12.5 Otros gastos

8.12.6 Comisión

8.12.7 Falsa comisión



8.12.8 Gastos del nuevo remate

8.13 CESIÓN SIN COSTO

8.13.1 Donaciones a entidades oficiales o de servicio publico

8.13.2 Baja o destrucción

8.13.3 Reprocesamiento

8.14 MATERIALES OBSOLETOS

8.15 MATERIALES RECUPERADOS

9. PROCEDIMIENTO DE ESTANDARIZACION DE MÁQUINARIA Y EQUIPOS DENTRO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA

9.1 INTRODUCCIÓN

9.2 OBJETIVO

9.3 ACTIVIDADES Y TAREAS DEL PROCEDIMIENTO DE ESTANDARIZACIÓN VENTAJAS

9.5 DESVENTAJAS

9.6 PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

10. GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL CAPITULO "ACTUALIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MATERIALES FRENTE A LAS NORMAS ISO 9000 VERSION 2000" POR PARTE DEL DOCENTE

10.1 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

10.2 PLAN DE TRABAJO

10.3 METODOLOGÍA

10.4 TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDADES

10.5 RECURSOS

10.5.1 Presentaciones para acetatos o power point

## 11. GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL CAPITULO DE PROCESO DE COMPRAS POR PARTE DEL DOCENTE

### 11.1 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

### 11.2 PLAN DE TRABAJO

### 11.3 METODOLOGÍA

### 11.4 TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDADES

### 11.5 TEST DE AUTOEVALUACIÓN PARA EL DOCENTE

### 11.6 RECURSOS

#### 11.6.1 Test de evaluación para el estudiante

#### 11.6.2 Presentaciones para acetatos o power point

## 12. GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL CAPITULO DE TRAFICO Y TRANSPORTE PARTE DEL DOCENTE

### 12.1 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

### 12.2 PLAN DE TRABAJO

### 12.3 METODOLOGÍA

### 12.4 TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDADES

### 12.5 TEST DE AUTOEVALUACIÓN PARA EL DOCENTE

### 12.6 RECURSOS

#### 12.6.1 Test de evaluación para el estudiante

#### 12.6.2 Presentaciones para acetatos o power point

## 13. GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL CAPITULO DE PROCESO DE CONTROL Y ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIOS POR PARTE DEL DOCENTE

### 13.1 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

### 13.2 PLAN DE TRABAJO

### 13.3 METODOLOGÍA

### 13.4 TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDADES

### 13.5 TEST DE AUTOEVALUACIÓN PARA EL DOCENTE

### 13.6 RECURSOS

#### 13.6.1 Test de evaluación para el estudiante

#### 13.6.2 Presentaciones para acetatos o power point

### 14. GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL CAPITULO DE PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DE LOS ALMACENES POR PARTE DEL DOCENTE

#### 14.1 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

#### 14.2 PLAN DE TRABAJO

#### 14.3 METODOLOGÍA

#### 14.4 TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDADES

### 14.5 TEST DE AUTOEVALUACIÓN PARA EL DOCENTE

### 14.6 RECURSOS

#### 14.6.1 Test de evaluación para el estudiante

#### 14.6.2 Presentaciones para acetatos o power point

### 15. GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL CAPITULO MANEJO DE MAERIALES POR PARTE DEL DOCENTE

#### 15.1 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

#### 15.2 PLAN DE TRABAJO

#### 15.3 METODOLOGÍA

#### 15.4 TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDADES

### 15.5 TEST DE AUTOEVALUACIÓN PARA EL DOCENTE

### 15.6 RECURSOS

#### 15.6.1 Test de evaluación para el estudiante

#### 15.6.2 Presentaciones para acetatos o power point

## 16. GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL CAPITULO DE SEGURIDAD EN ALMACEN POR PARTE DEL DOCENTE

### 16.1 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

### 16.2 PLAN DE TRABAJO

### 16.3 METODOLOGÍA

### 16.4 TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDADES

### 16.5 TEST DE AUTOEVALUACIÓN PARA EL DOCENTE

### 16.6 RECURSOS

#### 16.6.1 Test de evaluación para el estudiante

#### 16.6.2 Presentaciones para acetatos o power point

## 17. GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL CAPITULO DE MANEJO DE EXCEDENTES POR PARTE DEL DOCENTE

### 17.1 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

### 17.2 PLAN DE TRABAJO

### 17.3 METODOLOGÍA

### 17.4 TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDADES

### 17.5 TEST DE AUTOEVALUACIÓN PARA EL DOCENTE

### 17.6 RECURSOS

#### 17.6.1 Test de evaluación para el estudiante

#### 17.6.2 Presentaciones para acetatos o power point

## 18. GUÍA PARA EL DESARROLLO DEL CAPITULO DE ESTANDARIZACIÓN DE EQUIPOS POR PARTE DEL DOCENTE

### 18.1 PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

### 18.2 PLAN DE TRABAJO

### 18.3 METODOLOGÍA

### 18.4 TIEMPO EMPLEADO POR ACTIVIDADES

### 18.5 TEST DE AUTOEVALUACIÓN PARA EL DOCENTE

## 18.6 RECURSOS

18.6.1 Test de evaluación para el estudiante

18.6.2 Presentaciones para acetatos o power point

19. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

20. BIBLIOGRAFIA

21. ANEXOS

## INTRODUCCIÒN

Es importante destacar la importancia que tiene la Gestión y Control de los Materiales, dentro de la cadena logística de la organización, ya que su propósito es garantizar el normal funcionamiento de las operaciones de la empresa, al proveer los materiales requeridos en el proceso productivo, de una forma óptima (con la cantidad, la calidad y el tiempo requerido y al menor costo).

Las áreas de mayor ocupación en este campo, tienen que ver con: el Proceso de Compra (el cual cubre todos los aspectos relacionados con la adquisición de los suministros necesarios para el desarrollo de las operaciones y actividades administrativas de la empresa), el Proceso de Almacenamiento (el cual contiene de forma detallada los procedimientos necesarios para establecer estrategias y planes en la instauración y control de los flujos de materiales físicos y bienes finales) y el Proceso de Control de los Inventarios (este cubre los diferentes procedimientos y actividades que se llevan a cabo en la clasificación, calificación y asignación de parámetros de reposición del inventario necesario para mantener los niveles óptimos de existencias).

Por ello, es de vital importancia contar con personal capacitado en cuanto a estas áreas y así asegurar el óptimo control de todos aquellos materiales que entran a la empresa para ser almacenados con el fin de distribuirlos o transformarlos. Por otra parte, las empresas cada vez, se ven en la necesidad de actualizar sus mecanismos, equipos, modelos matemáticos, procedimientos sistematizados o tecnología que utilizan y así ser competitivos en el mercado. Por lo tanto, es importante que el estudiante de pre - grado reciba una buena preparación acerca

de este tipo de tecnologías y metodologías, de manera que responda de inmediato a los requerimientos del cargo y a los objetivos de las organizaciones.

A través del presente proyecto, se pretende que el estudiante adquiera una visión objetiva de los temas relacionados con la “Gestión y Control de los Materiales”, este capacitado para correlacionarlos e identificar los factores, implicaciones y características claves de las áreas que conforman este estudio; para que de esta forma sean capaces de detectar los problemas que se presentan en este campo, generen ideas, planteen soluciones y establezcan controles, mediante el conocimiento adquirido, en forma analítica y crítica.

Por otra parte, para una mejor comprensión de los temas, se presenta un estudio acompañado de herramientas educativas tales como: un software y una página Web, para que los estudiantes puedan evidenciar clases más dinámicas y de mayor comprensión, afianzando así su aprendizaje. De igual forma, cuenta con un módulo para el Docente, que le permite a este preparar los diferentes temas de la asignatura, siguiendo un orden y lineamiento estándar (unificando criterios entre profesores). El desarrollo de los capítulos de este proyecto, se encuentran redactados de una forma metodológica, pedagógica y actualizada (puesto que se tienen en cuenta los cambios y avances tecnológicos que han ido adquiriendo las empresas en este campo), basado en un enfoque de sistemas de procesos.

Deseamos que este proyecto, sirva como aporte para el mejoramiento de la formación académica del alumno, la preparación del docente, la visión y planeación del desarrollo de la asignatura "Manejo de Materiales y Control de Inventarios", y así, de esta forma contribuir al logro de la excelencia profesional del estudiante.



# CAPITULO

# 1

GESTIÓN Y..

Actualización  
ISO 9000: 2000



## CONTROL DE MATERIALES

## **OBJETIVO**

Lograr que los estudiantes comprendan el nuevo enfoque de la gestión y control de los materiales, actualizados según las recientes Normas ISO 9000 versión 2.000, identifiquen las diferentes redes de procesos (Macro procesos o Mega procesos) que se forman para alcanzar un objetivo planeado; aclaren los conceptos de Función y Proceso, y comprendan la importancia que tiene la gestión de los procesos en la organización moderna.

# 1. ACTUALIZACIÓN DE LA GESTIÓN Y EL CONTROL DE LOS MATERIALES FRENTE A LAS NORMAS ISO 9000 VERSION 2000

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Para ser más competitivas y mantener un buen desempeño económico, las organizaciones y proveedores necesitan emplear sistemas cada vez más eficaces y eficientes. Estos sistemas deben dar como resultado el incremento continuo en la calidad y el aumento en la satisfacción de los clientes internos y externos (este último empleados, propietarios, entre otros).

La Norma Internacional, ISO 9000, promueve la adopción de un enfoque basado en procesos el cual dice que: *“Un resultado deseado se alcanza más eficientemente cuando las actividades y los recursos relacionados se gestionan como un proceso”*. Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que identificar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí. Una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso. Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso. En una organización existen muchos procesos que se deben llevar a cabo; dentro de estos se encuentra producción, compras, administración de los almacenes, administración de los inventarios, entre otros.

Este proyecto intenta presentar un enfoque fundamentado en la comprensión de que todo trabajo se logra mediante un proceso (siendo los procesos, los que corren a través de los departamentos) y no mediante una función, entre los cuales se encuentran los capítulos referentes al Proceso de Compras, el Proceso de Administración de los Inventarios y el Proceso de Administración de los Almacenes; cada uno interrelacionados entre sí, formando una gran red de procesos (ver figura 1).

Además, se profundizarán cinco procedimientos importantes como son: Manejo de excedentes, Seguridad en Bodegas, Manejo de Materiales, Normalización de Equipos y Tráfico de Transporte; los tres primeros correspondientes al Proceso de Administración de los Almacenes, el cuarto y el quinto correspondiente al Proceso de Mantenimiento y de Compras respectivamente.

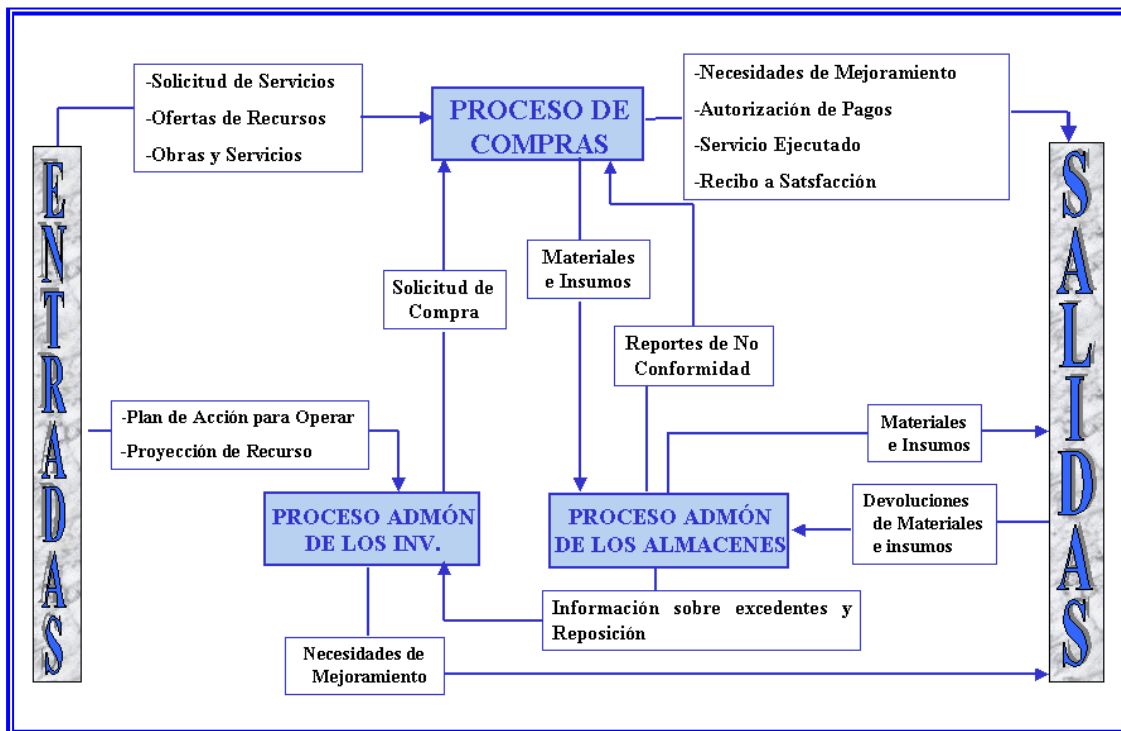


Figura 1. Red de Procesos

### 1.6 NUEVO ENFOQUE BASADO EN PROCESOS

La aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interrelación de estos procesos, así como su gestión, puede denominarse como “Enfoque basado en proceso”.

Es por ello, que los resultados deseado por la organización, se logra con mayor eficiencia cuando los recursos y actividades relacionadas se manejan como un proceso. Para ello es importante identificar, entender y manejar un sistema de procesos interrelacionados para un objetivo dado contribuyendo a la eficacia y eficiencia de la empresa.

 **Beneficio clave de este Nuevo Enfoque:**

1. Reducción de costos y tiempos mediante el uso eficaz de los recursos.
2. Resultados mejorados, coherentes y predecibles.
3. Permite que las oportunidades de mejora estén centradas y priorizadas.

 **La aplicación del principio de enfoque basado en procesos normalmente conduce a:**

1. Definir sistemáticamente de las actividades necesarias para lograr el resultado deseado.
2. Establecer responsabilidades y obligaciones claras para la gestión de las actividades clave.
3. Analizar y medir la capacidad de las actividades clave.
4. Identificar las interfaces de las actividades clave dentro y entre las funciones de la organización.
5. Centrarse en los factores, tales como, recursos, métodos y materiales, que mejorarán las actividades clave de la organización.
6. Evaluar los riesgos, consecuencias e impactos de las actividades en los clientes, proveedores y otras partes interesadas.

**1.2.1 Definición de Proceso.** Se define como proceso a un conjunto de actividades que se desarrollan en forma coordinada para producir un resultado. También se define como la actividad o conjunto de actividades que empleen un insumo, le agreguen valor y

sum  
val

nta que este le puede agregar

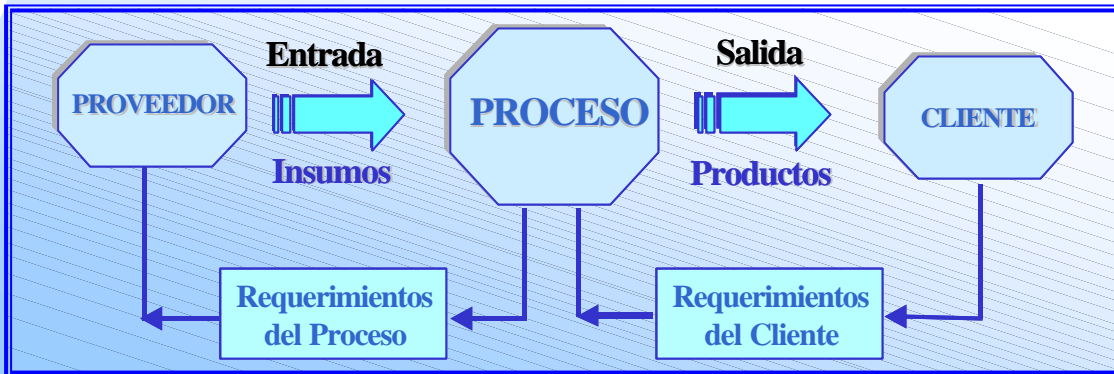
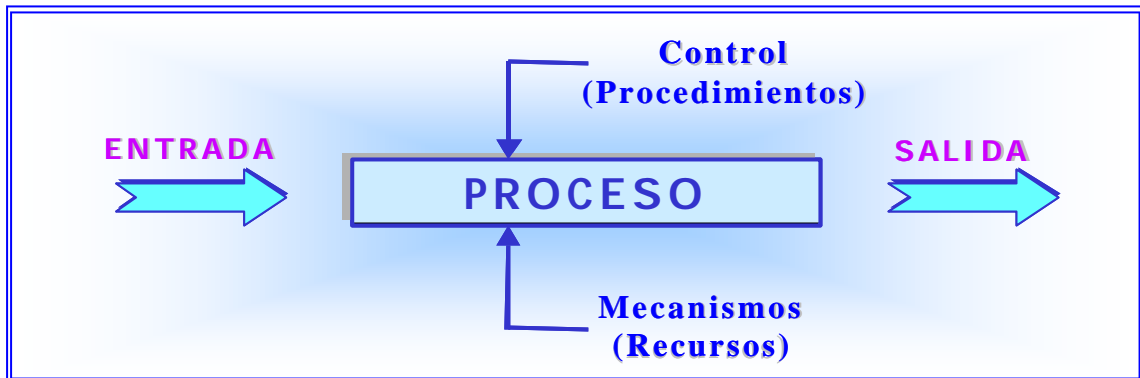


Figura 2.1

**1.2.2 Modelo del Proceso.** El proceso consiste en un conjunto de actividades (internas o externas) que transforman los insumos (materiales, humanos o tecnológicos) en productos (internos o externos) y los requerimientos, cada uno con características específicas.

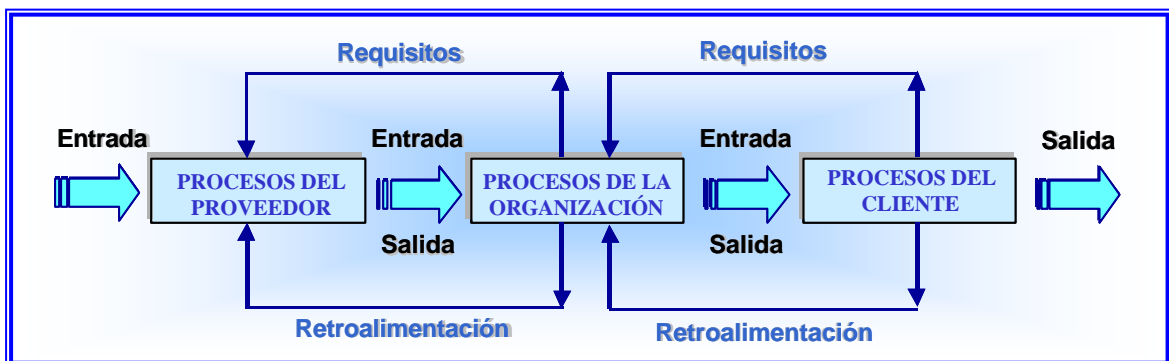
- ✚ **Cliente:** Pueden ser múltiples, internos o externos, intermediarios, usuarios (compradores claves).
- ✚ **Requerimientos:** Estos pueden ser del cliente o del proceso (ver figura 1), son cambiantes con el tiempo, documentados en lo posible, medibles, definidos en el lenguaje del cliente.

**1.2.3 Conceptos Básicos de Procesos.** Los procesos transforman entradas en salidas usando mecanismos (recursos), regulados por controles (procedimientos), tal como se muestra en la figura 3. Las entradas son los insumos del proceso y las salidas son el producto final o intermedio que genera el proceso; estas son productos tangibles o intangibles. Una salida puede ser una factura, un servicio bancario o un producto intermedio.



**Figura 3. Concepto Básico**

Los procesos se pueden combinar en una red que alcanza colectivamente un objetivo planeado. La figura 4, muestra a la organización en una interrelación con el proveedor y el cliente. En esta estructura, existe una cadena de suministro, donde las diferentes entradas y salidas necesitan fluir de un proceso a otro. De la figura 4, podemos decir que:



**Figura 4. Relación de Procesos en la Cadena de Suministros**

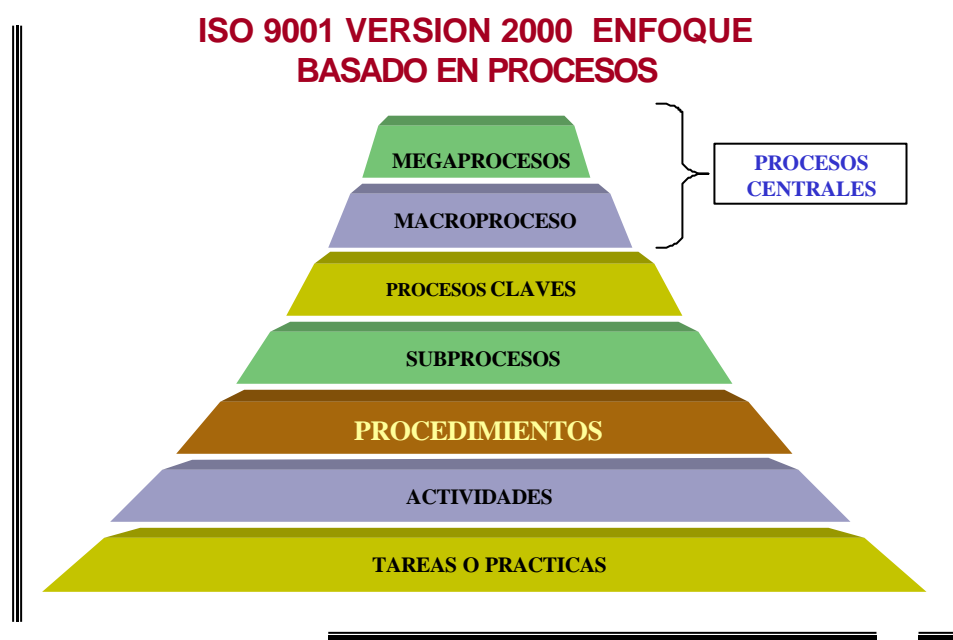
- ✚ Toda entrada de un proceso es la salida de proceso previo, toda salida de un proceso es la entrada de un proceso siguiente.
- ✚ Un proceso complejo posee ambas relaciones de clientes y proveedores internos y externos.
- ✚ El elemento más importante de un proceso es el requerimiento del cliente y el resultado importante de un proceso es la satisfacción de los requerimientos del cliente.

**1.2.4 Tipos de Procesos.** Los procesos pueden ser de dos tipos:

- a) De producción: Aquellos que tienen contacto directo con lo que se le entrega al cliente (comercialización, transformación, entre otros).
- b) De empresa: Aquellos procesos de servicio y de respaldo a la producción (pedidos, diseño, nomina, embarque, compras, personal).

## 1.7 ESTRUCTURA DE GESTIÓN DE LOS PROCESOS

La estructura de la gestión de los procesos se encuentran conformados por niveles que se le asignan un grado de acuerdo a su complejidad, tal como se muestra en la figura 5. Así, en una organización pueden existir redes de procesos que de acuerdo su complejidad y tamaño son llamadas Megaproceso, Macroproceso o simplemente Proceso.



**Figura 5. Estructura de Gestión de los Procesos**

Todo proceso debe estar formado por los subprocesos de planeación, programación, ejecución y control y gestión. Cada uno de estos subprocesos se explica a continuación:



- ✚ Subproceso de Planeación: Su objetivo es analizar situaciones, fijar metas, seleccionar estrategias y tácticas.
- ✚ Subproceso de Programación: Dispone y destina el trabajo, la autoridad y los recursos entre los miembros de la organización en forma tal que puedan lograrse los objetivos del proceso de manera eficiente.
- ✚ Subproceso de Ejecución: Es la puesta en marcha del proceso.
- ✚ Subproceso de Gestión y Control: Mide el desempeño actual el proceso y compara este desempeño con las normas establecidas y emprende acciones correctivas si se encuentran fallas (de operación, de costo, de rendimiento, entre otros)

Cada uno de estos subprocesos, a su vez están constituidos por procedimientos (Documento que establecen un método obligatorio para realizar las actividades) que varían de acuerdo al proceso que se está tratando. Igualmente estos se registran las actividades y tareas.

## 1.8 DIFERENCIAS ENTRE FUNCIÓN Y PROCESOS

En el cuadro 1, se presentan las diferencias entre un enfoque funcional y un enfoque basado en proceso.

**Cuadro 1. Diferencias (Función vs. Proceso)**

FUNCIÓN	PROCESO
Las funciones y responsabilidades las asigna el jefe.	Las funciones y responsabilidades las asigna el proceso.
Se piensa en la fortaleza de una parte y no del todo.	Se piensa en la fortaleza del todo.
La responsabilidad esta diseminada en la organización.	La responsabilidad grupal e individual están claramente definidas.
Se maneja poder y comunicación.	No maneja esquema de poder individual.
Se focalizan responsabilidades.	No se tiene en cuenta el organigrama.

## 1.9 INTERRELACIONES

Debido a que las organizaciones no son entes aislados deben controlar su entorno, para asegurar la generación de un producto con los requisitos establecidos. Por ello, es necesario que exista interrelación entre las entradas y salidas de los procesos.

**1.5.1 Tipos de Interrelaciones.** Las interrelaciones hacen un seguimiento a las entregas y salidas tal como lo muestra el cuadro 2.

**Cuadro 2. Interrelaciones**

ENTREGA	SALIDA
<b>Quien lo Entrega:</b> Nombre del que entrega el insumo, puede ser un sistema, una empresa u otro proceso.	<b>Quien lo Genera:</b> Según el nivel de detalle, un Mega proceso, Macro procesó, Proceso, Subproceso o Procedimiento.
<b>Características:</b> Técnicas para el diseño o especificaciones para el proveedor.	<b>Quien lo Utiliza:</b> Que persona, cargo, empresa o sistema requiere este producto.
<b>Para que se Usa:</b> Definición de las actividades en las que se requiere.	<b>Para que se Usa:</b> Se debe hacer énfasis cuando la salida es un producto intermedio.

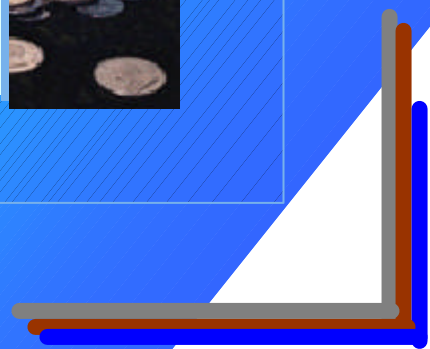
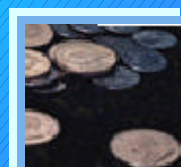
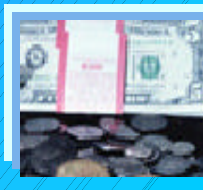
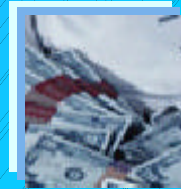
## 1.6 CONCLUSIÓN

Los conceptos aquí descritos constituyen el soporte metodológico en el cual están desarrollados cada uno de los capítulos de este estudio y hacen parte de la actualización del desarrollo de los temas de administración de los materiales a la normalización reciente de la ISO 9000 versión 2000.

Proceso de

...

CO  
MP  
RA  
S



## OBJETIVOS

Lograr que el estudiante entienda el concepto de Proceso de Compras e identifique sus subprocesos, procedimientos actividades, y logre aplicarlas en el interior de una organización.

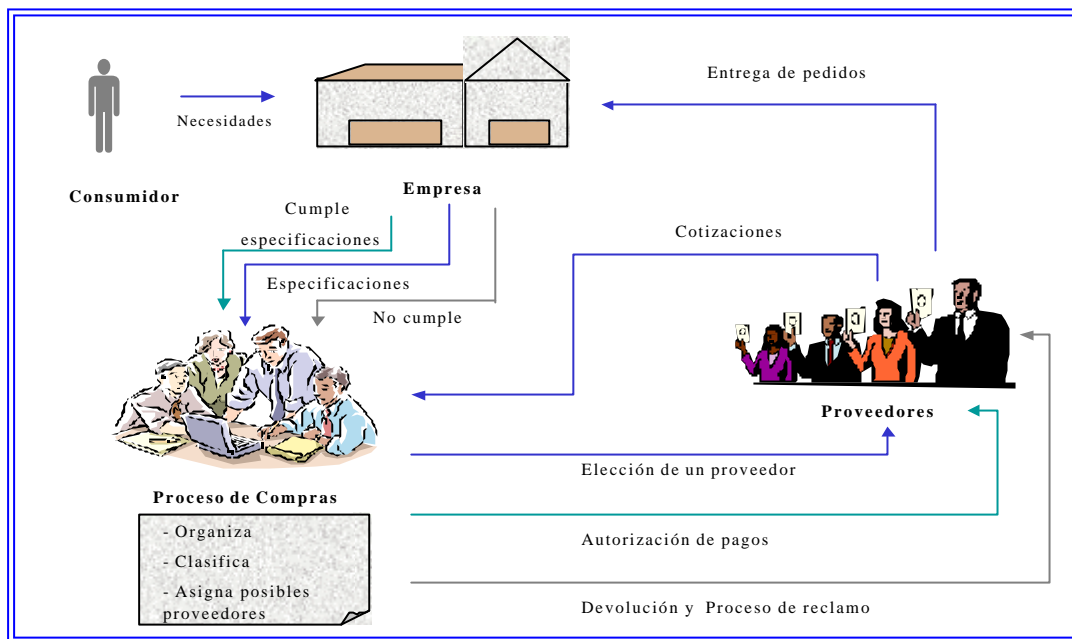
Mostrar la aplicación de todas las etapas del desarrollo del Proceso de Compras, mediante casos prácticos presentados en el software.

## **2. PROCESO DE COMPRAS**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

El proceso de compras nace de las necesidades que se presentan a diario en las diversas empresas por satisfacer las necesidades del cliente. Cuando se genera esta necesidad, ya sea en el departamento de producción por requerimientos de materia prima, en el departamento de mantenimiento por el reemplazo de una maquinaria o repuestos para su mantenimiento o en cualquiera de los departamentos de la empresa por requerimientos propios de la dependencia, de inmediato se envían estas necesidades al departamento de compras, y este a su vez se encarga de organizar, clasificar y asignar los proveedores posibles que puedan satisfacer los requerimientos planteados por sus clientes internos a la compañía (figura 6). Es por ello que muchas empresas que tienen como objetivo principal incorporarse no sólo en mercados nacionales sino también en internacionales para llegar a ser más competitivas, necesita contar con un proceso de compras muy bien estructurado, con procedimientos claros y bien definidos. Por ende este proceso representa uno de los principales eslabones de la cadena logística que posea la organización, puesto que uno de sus objetivos principales es el de relacionar al proveedor con la empresa basándose en los principios de confianza, alianzas estratégicas, acuerdos futuros, beneficios bilaterales de las acciones comerciales, sin olvidar el sostenimiento o crecimiento del mercado y la satisfacción del cliente.

Para obtener resultados óptimos y satisfactorios de lo mencionado anteriormente, es necesario contar con un sistema de calidad del proceso de compras que fortalezca la relación entre el proveedor- comprador, asegure, certifique y garantice la calidad del producto y establezca normas de negociación.



**Figura 6. Administración de las compras**

## 2.2 DEFINICIÓN DEL PROCESO DE COMPRA

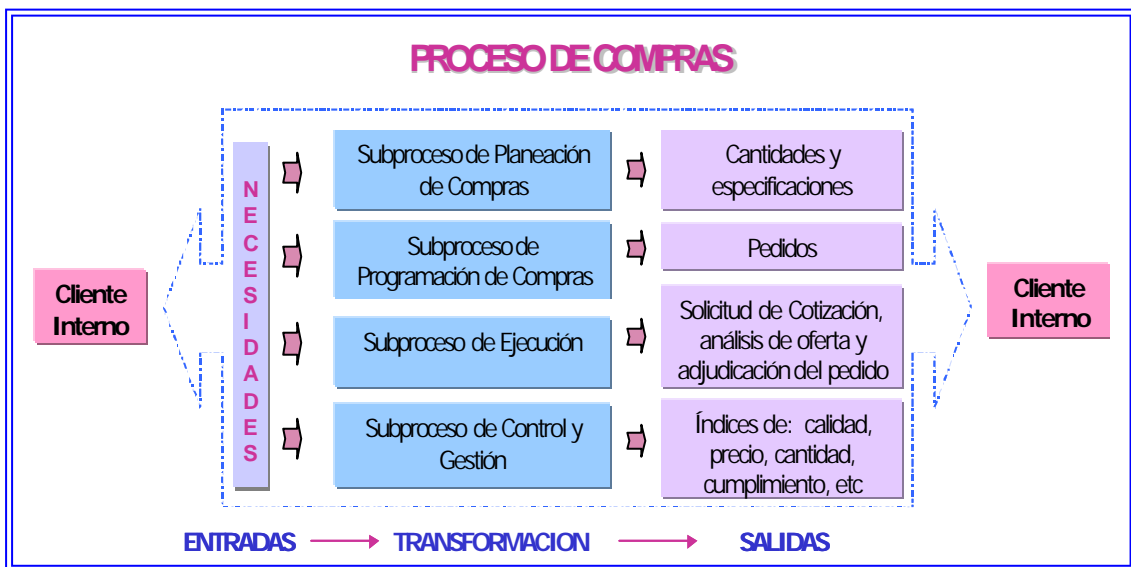
El proceso de compras lo constituye básicamente los subprocesos de planeación, programación, selección y ejecución, control y gestión de los pedidos (figura 7), todos encaminados a la adquisición de los suministros necesarios para el desarrollo de las operaciones y actividades administrativas de la empresa. Todos con la adecuada calidad, cantidad, precio competitivo y cumplimiento en el tiempo de entrega. En general, la empresa depende de una u otra forma de este proceso para mantenerse en funcionamiento o para evitar retrasos en la parte productiva de esta.

## 2.3 SUBPROCESO DE PLANEACIÓN DE LAS COMPRAS

En el mundo actual de los negocios, desarrollar planes efectivos de compra requiere de un procedimiento estructurado para maximizar oportunidades representadas por cambios en consumidores y mercados.

La planeación de las Compras es un subproceso que se basa en la evaluación continua de la información sobre proveedores, nuevas tecnologías, materiales y materia prima. Esta comprende el establecimiento de objetivos, políticas y actividades para el proceso de compras, en ella se da respuesta a interrogantes tales como:

- ¿ Qué se va a cotizar?
- ¿ Cuánto se va a cotizar?
- ¿ A quién se le va a cotizar?
- ¿Cuál tecnología se va a cotizar?
- ¿Cuál es presupuesto de la solicitud?
- ¿ Con qué calidad y oportunidad se va a cotizar?
- ¿ Qué servicios post-compra se esperan obtener?



**Figura 7. Proceso de compras**

### 2.3.1 Objetivos del subproceso de planeación de compras

- ✚ Interrelacionarse con los diferentes procesos de la compañía para conocer de ellos sus necesidades y su aprobación de especificaciones.

- ✚ Evaluar sistemáticamente los proveedores para conocer si cumplen con los requisitos de calidad, precio, capacidad y estabilidad económica y entrega de los materiales que exige el mercado competitivo.
- ✚ Planear y programar las compras, de tal forma que se disponga de los suministros necesarios, de acuerdo con las variables que se establezcan de: rotación de inventarios, pronóstico de ventas, planes de producción, entre otras.
- ✚ Interrelacionarse con los proveedores, con una visión de beneficio mutuo: alianzas estratégicas, acuerdos futuros, compras, etc.
- ✚ Elaborar estrategias relacionados con el análisis del valor, evaluación económica de la compra y los costos de suministro, con el propósito de tomar decisiones sobre datos y valores reales.
- ✚ Llevar a cabo programas de auditorías de calidad a los proveedores con el fin de proporcionar beneficios mutuos de las partes (empresa-proveedor), de las acciones correctivas y de mejoras que se acuerden.

**2.3.2 Políticas.** Las políticas de Compra serán elaboradas por cada empresa de acuerdo a la importancia que ésta le dé a cada uno de los elementos contemplados en el Plan de Compras (Qué?, ¿Cómo?, ¿Con quién?, ¿Cuánto?).

En esta debe prevalecer la buena relación de confianza y colaboración con los proveedores, lográndose hacer cumplimiento de los requisitos de cantidad, calidad y precio que requiera la empresa.

**2.3.3 Desarrollo del Subproceso de Planeación de las Compra.** Los subprocesos muestran en detalle los procedimientos, actividades y tareas que se van a realizar, acompañado de los diferentes departamentos que intervienen en este proceso; esta va desde la relación con los demás procesos de la empresa, la selección de los proveedores,



solicitudes de cotizaciones, análisis de ofertas; hasta la colocación de la orden de compra y la obtención del material (ver cuadro 3).

En la figura 8, se muestra los procedimientos a realizar con sus respectivas descripciones.



**Figura 8. Actividades del Procedimiento de Planeación de las Compras**

**Cuadro 3. Diagrama para la Adquisición de Materiales**

PROCEDIMIENTOS / ACTIVIDADES / TAREAS	PROCESOS			
	Producción	Compras	Almacén	Proveedor
Conocer el pronóstico o la proyección de la demanda	*			
Aprobar el pronóstico	*			
Plan Maestro de Producción (MPS)	*			
Plan de Requerimiento de Materia Prima y Materiales (MRP)	*			
Requisiciones de materiales.	*			
Requisición aprobada al departamento de compra		*		
Preparar solicitud de compras (cotización)		*		
Selección de proveedores por solicitud.		*		
Programar envío de solicitudes		*		
Envío de solicitudes de proveedores.		*		
Recibo de solicitudes de cotización por parte del proveedor.				*
Plan Maestro de Producción del proveedor				*
Elaborar el plan de requerimiento de materiales del proveedor				*
Retorno de la cotización al comprador.		*		
Análisis comparativo de oferta.		*		
Selección de la oferta más favorable.		*		
Aprobación y adjudicación de la compra		*		
Preparación y envío de la orden de compra al proveedor		*		
Ejecutar el Plan de Producción por parte del proveedor.				*
Proceso de embalaje y almacenamiento para el despacho				*
Envío de materiales del proveedor al comprador.				*
Procedimiento de recepción.			*	
Pago.		*		
Almacenamiento.			*	
Control y gestión		*		

**2.3.3.1 PROCEDIMIENTO 1 \_ Interrelación del Proceso de Compras con los demás Procesos de la Empresa.** La relación del proceso de compras con los demás procesos de la empresa, consiste en un conjunto de tareas que permiten, planear y ejecutar las acciones de suministro de información necesaria para la adquisición de los materiales a satisfacción; su objetivo es coordinar y planificar las acciones necesarias para garantizar la disponibilidad de los materiales adquiridos, con el fin de satisfacer el nivel de servicio acordado con los clientes internos de la organización. El Proceso de Compras en cierta forma depende de los procesos de Producción, Mercadotecnia y Ventas, Inventario, Almacén, Finanzas, Calidad, Investigación y Desarrollo y otros, ya que estos le suministran información de vital importancia para el proceso, tal como se muestra en el cuadro 4:

**Cuadro 4. Interdependencia**

PROCESOS	INFORMACIÓN SUMINISTRADA
<b>Producción</b>	Los suministros necesarios de materia prima e insumos. Cumplir fielmente los compromisos de pedidos. Plan maestro de producción (MPS)
<b>Administración / Ventas</b>	Ceñirse a las políticas de la empresa, suministrar los materiales a los empleados / Los pronósticos de ventas reales.
<b>Inventario</b>	Los pronósticos de la demanda, tiempo de entrega, cantidad o volúmenes a pedir.
<b>Almacén</b>	Existencia de materiales (altos inventarios / inventario obsoleto) Plan de requerimiento de materiales (MRP)
<b>Finanzas</b>	Presupuesto de la empresa, cumplir ejemplarmente con el manejo del dinero.
<b>Calidad</b>	Especificaciones de calidad del material.
<b>Investigación y Desarrollo</b>	Necesidades de cambio en las maquinarias, materiales, equipos de trabajo, etc.

**2.3.3.2 PROCEDIMIENTO 2\_ Selección y Evaluación de Proveedores.** La confiabilidad, calidad y buen desempeño del producto final dependen en gran parte del buen cumplimiento de las especificaciones de la materia prima e insumos que adquiera la empresa, es por ello que la selección de los proveedores requiere el cumplimiento de las etapas de: pre-evaluación, evaluación, calificación y registro de estos.

## Pre-evaluación

Para escoger los proveedores adecuados es necesario recurrir a fuentes de información confiables acerca de estos, como publicaciones sobre ofertas de productos, departamentos especializados internos (mantenimiento, producción, ingeniería, finanzas, y otros), asociaciones industriales o comerciales, etc. Con estas informaciones se puede llevar a cabo un formato con el listado de proveedores potenciales atractivos para la empresa. La información recopilada debe contener las especificaciones de los proveedores mostradas en la figura 9.



**Figura 9. Especificaciones de los Proveedores**

- a. Especificaciones administrativas: Consiste en recopilar información acerca de los aspectos organizacionales, legales y requisitos funcionales del proveedor.
- b. Especificaciones financieras: Para la empresa es muy importante este aspecto, ya que a través de esta información se conoce la situación financiera (estados financieros, respaldos bancarios) de los proveedores y a la vez se puede determinar si este es capaz de suministrar lo deseado.
- c. Especificaciones técnicas: Es de vital importancia para la empresa conocer los requerimientos de calidad (certificación), cantidad y entrega de los productos o

servicios con los que cuentan los proveedores para así garantizar el buen desempeño y confiabilidad de estos.

- d. Especificaciones de Seguridad Ambiental: Se centra en los aspectos relacionados con la integridad física del trabajador, equipos y el impacto que tenga la empresa en la sociedad y en el medio ambiente.

En el cuadro 5, se pueden observar cada una de las exigencias que se deben tener en cuenta las tres primeras especificaciones.

**Cuadro 5. Exigencia técnicas, administrativas y financieras.**

<b>Especificaciones Administrativas</b>	<b>Especificaciones Financieras</b>	<b>Especificaciones Técnicas</b>
Certificado de constitución y gerencia	Fotocopia autenticada de la declaración de renta	Sistema de producción y/o distribución
Certificado que lo acredite como distribuidor o representante	Balance comercial	Especificaciones técnicas del producto o servicio
Certificado de industria y comercio	Estado de pérdidas y ganancias	Certificación del prototipo
Certificado de NIT o cédula de ciudadanía	Flujo de fondos y de caja	Certificación del sistema de calidad de la empresa
Dirección comercial, teléfono y fax	Sistema de ajuste a los precios pactados	Sistema de entrega y lugar de la misma. Procedimientos técnicos y documentos para pedidos y entregas
Lista de los funcionarios con quien comunicarse según el tema a tratar	Sistema de pago y descuento	Asesoría técnica sobre uso y manejo del producto o servicio. Servicio de atención al comprador

Después de obtener toda la información necesaria de los proveedores y verificar que cumplan con los requisitos exigidos por la empresa se procede en conjunto con la participación de las demás dependencias de la empresa (ver cuadro 6) a la aprobación de las especificaciones anteriormente mencionadas.

**Cuadro 6. Pre -evaluación de proveedores**

Actividad	Producción	Ing. de Procesos	Dpto de Calidad	Finanzas	Admón	Compras
Especificación Técnica	X	X	XX			= >
Especificación Administrativa				X	XX	X =>
Especificación Financiera				XX		= >
Especificación de Seguridad y Ambiente		XX				= >

*X : Participación*

*XX : Responsabilidad por la aprobación del área.*

*=> : Recibo de concepto aprobatorio*

#### Evaluación

La forma o modelo para evaluar a los proveedores varía de acuerdo al país y al tipo de empresa. A continuación se presenta un prototipo o formato de evaluación de proveedores en el cuadro 7 donde podemos observar los factores y subfactores de evaluación que se le asignan a los proveedores con sus respectivas puntuaciones.

En el formato se presentan dos columnas importantes denominadas puntos asignados y puntos obtenidos.

Los puntos asignados son aquellos que miden el grado de importancia de cada factor y es asignado por el comité (en el ejemplo 250 puntos), la suma de cada uno de sus subfactores deben dar el puntaje asignado.

Los puntos obtenidos son los que determinan el nivel de capacidad con el cual puede cumplir un proveedor; a través de estos se pueden determinar o diferenciar la calidad entre un proveedor y otro.

## Cuadro 7. Evaluación de proveedores

Factores de evaluación	Puntos asignado	Puntos obtenidos	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<b>Investigación preliminar</b>	<b>250</b>	<b>100</b>										
1. Imagen–Credibilidad	60	40										
2. Servicio – Post venta	60	0										
3. Asesoría	70	0										
4. Certificado–Garantía	60	60										
<b>Especificaciones Financieras</b>	<b>250</b>	<b>125</b>										
1. Declaración de renta	40	20										
2. Balance General	40	20										
3. Estado de perdidas y ganancias	40	20										
4. Flujo de fondos	50	25										
5. Constancia Bancaria	40	20										
6. Pólizas–Financiación	40	20										
<b>Especificaciones Administrativas</b>	<b>250</b>	<b>190</b>										
1. Certificado de confianza y gerencia	30	30										
2. Representante / Fabricante / distribuidor	30	30										
3. Créditos de industria y comercio	30	30										
4. NIT/ CC	40	40										
5. Legislación nacional	40	20										
6. Referencias comerciales	60	20										
7. Organigrama/ Roles	40	20										
<b>Especificaciones Técnicas</b>	<b>250</b>	<b>250</b>										
1. Sistema de producción	30	30										
2. Certificación de calidad	30	30										
3. Certificación de laboratorio – prueba y ensayo	50	60										
4. Método de ensayo	30	30										
5. Plan de calidad	30	30										
6. Entrega	30	30										
7. Empaque	30	20										
8. Asesoría Técnica	20	20										
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>665</b>										

**Nota:** En el CD adjunto se encontrarán ejemplos de formatos para la preselección, evaluación y selección de proveedores.

## **Calificación**

La calificación se obtiene del seguimiento que se le hace al cumplimiento de todas las condiciones pactadas con el proveedor, además de tener un historial de los lotes anteriormente suministrados. Ejemplo:

Calidad y Cantidad: Se mide por la relación entre los lotes rechazados por incumplimiento de estas condiciones vs. los aceptados.

Servicio: Se mide por la relación de los lotes entregados parcialmente vs. los recibidos completos.

Seguridad: Se mide por el número de incidentes o accidentes que tenga el proveedor en el manejo, transporte y entrega de los lotes. Igualmente por el nivel de riesgo que ofrezca en material o materia prima, en su empaque o su propio manejo.

Atención al cliente: se mide en función al número de visitas solicitadas, sobre el número de visitas realizadas.

Condiciones económicas: esta se analiza en función del valor inicial, menos los descuentos, más las pérdidas no recuperables debido a los productos defectuosos, más el transporte.

Cada una de estas condiciones se registra en un formato donde se especifican cada uno de los aspectos mencionados anteriormente, y se confrontan las condiciones o características del pedido pactado con el proveedor y el lote recibido (cuadro 8), las fallas encontradas en cada factor le restarán credibilidad a la empresa proveedora.



## Cuadro 8. Grado de Cumplimiento

CALIDAD	CONDICIONES ECONÓMICAS	CANTIDAD	TIEMPO DE ENTREGA	SEGURIDAD	ATENCIÓN AL CLIENTE
Recibidas totales	Precio inicial	Cantidad solicitada	Tiempo promedio de entrega	Número de accidentes	Número de visitas solicitadas
Unidades rechazadas	Descuento	Cantidad recibida	Tiempo real de entrega		Número de visitas realizadas
Unidades defectuosas	Intereses de mora				
% de cumplimiento	% de cumplimiento	% de cumplimiento	% de cumplimiento	% de cumplimiento	% de cumplimiento

Las consecuencias del no cumplimiento de cada uno de estas condiciones traen a la empresa sobrecostos, no conformidades administrativas (demanda), costos por reproceso, demora parcial, condiciones de falla, entre otros. (figura 10)

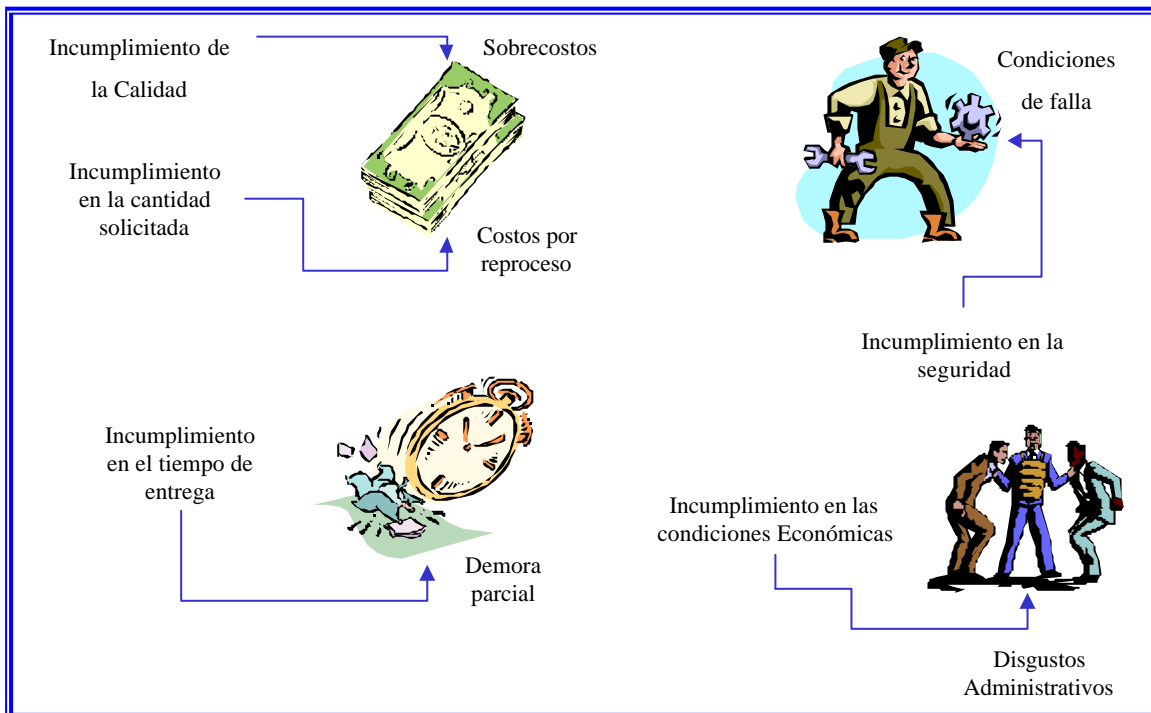


Figura 10. Grado de no conformidad

Las empresas en la actualidad están implantando un sistema de certificación en general para cada uno de sus procesos, desarrollado por la Asociación Internacional de Normalización (ISO), en la cual se siguen ciertos procedimientos claramente definidos que le ayudan a la empresa en la evaluación del sistema de aseguramiento de la calidad del proveedor en cuanto a los procesos de compras. En Colombia son muchas las empresas que ya han implantado este sistema y otras que se encuentran en miras de implantarlo.

Las Normas ISO correspondientes a este tema son:

La organización debe asegurarse de que el producto adquirido cumple los requisitos de compra especificados. El tipo y alcance del control aplicado al proveedor y al producto adquirido debe depender del impacto del producto adquirido en la posterior realización del producto o sobre el producto final.

La organización debe evaluar y seleccionar los proveedores en función de su capacidad para suministrar productos de acuerdo con los requisitos de la organización. Deben establecerse los criterios para la selección, la evaluación y la re-evaluación. Deben mantenerse los registros de los resultados de las evaluaciones y de cualquier acción necesaria que se derive de las mismas.<sup>1</sup>

- *Información de las compras*

La información de las compras debe describir el producto a comprar, incluyendo, cuando sea apropiado:

- a. Requisitos para la aprobación del producto, procedimientos, procesos y equipos,
- b. Requisitos para la calificación del personal, y

---

<sup>1</sup> NORMA Técnica Colombiana, NTC-ISO 9001, Sistema de gestión de la calidad, Bogotá D.C., año 2000. pag 12 - 13

c. Requisitos del sistema de gestión de la calidad.<sup>2</sup>

La organización debe asegurarse de la adecuación de los requisitos de compra especificados antes de comunicárselos al proveedor.

- *Verificación de los productos comprados*

La organización debe establecer e implementar la inspección u otras actividades necesarias para asegurarse de que el producto comprado cumple los requisitos de compra especificados.<sup>2</sup>

Cuando la organización o su cliente quieran llevar a cabo la verificación en las instalaciones del proveedor, la organización debe establecer en la información de compra las disposiciones para la verificación pretendida y el método para la liberación del producto.<sup>2</sup>

## **Registro**

Cuando la empresa ha elegido a sus respectivos proveedores se procede inscribirlos en la base de datos que la empresa posee, ya sea sistematizada o manual (se hace uso del formato Kardex) en estos se consigna la información referente a la identificación del proveedor, los productos o líneas que ofrece, la condición del fabricante o distribuidor, entre otras. Además, se deben anexar las especificaciones administrativas, financieras y técnicas.

## **Servicios Postventa-Asesoría**

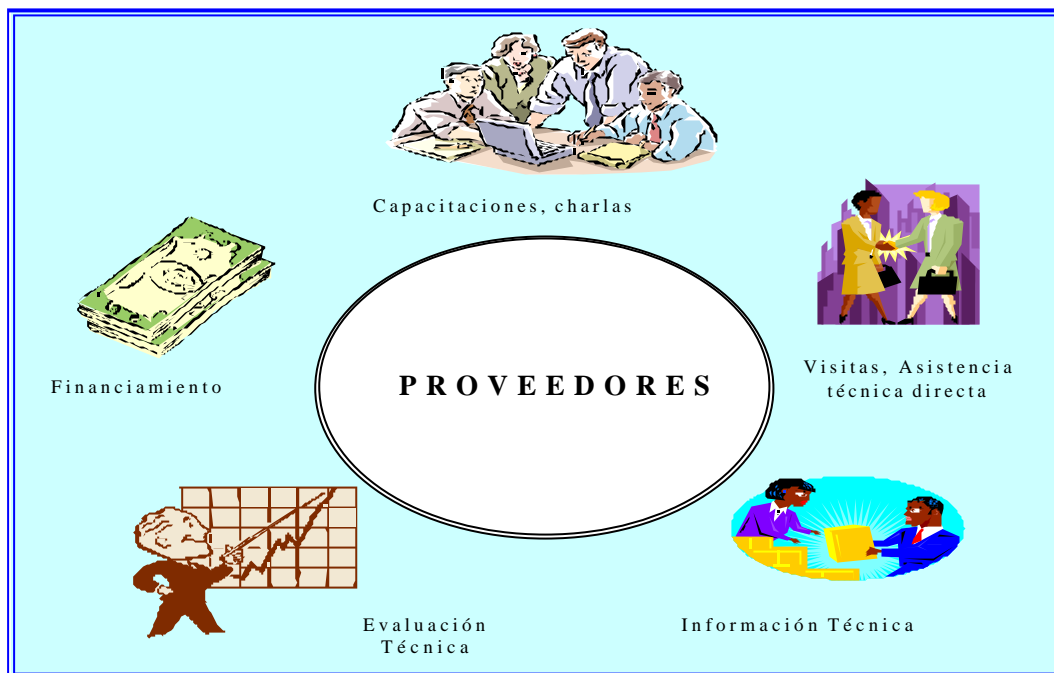
Estas son importantes ya que fortalece la relación empresa – proveedor puesto que a través de esta existirá una mayor comunicación entre ambas partes, asegurando, además, la calidad de los productos o el servicio prestado.

Cuando el proveedor cumple de forma eficiente los requisitos o las negociaciones pactadas en el momento del contrato, se da inicio a un programa empresa – proveedor el cual proporciona programas de asesoría, capacitaciones, estimulación de ayudas tecnológicas, programas de financiamiento, agilización de papeleos, además de las buenas relaciones y respeto mutuo que nacen entre ellos.

Los objetivos que busca la empresa con la asesoría son:

- a. Asegurar o mejorar la calidad.
- b. Proporcionar crecimiento y desarrollo del proveedor (mejor capacidad del proveedor).
- c. Generar planes de desarrollo del producto.
- d. Crear parámetros de medición, certificación.

Los medios para lograr estos objetivos se muestran en la figura 11.



**Figura 11. Programa Empresa - Proveedor**

## **2.4. SUBPROCESO DE PROGRAMACIÓN DE LAS COMPRAS**

La programación es el medio por el cual se lleva a cabo el plan de compras, cuestionando a cada uno de los items o pedidos de acuerdo al consumo real y las existencias mínimas requeridas; se debe lograr un equilibrio entre el lote económico de compra y los máximos y mínimos, indispensables para el abastecimiento de la producción sin que esta no peligre. Además, se debe tener en cuenta una distribución del tiempo y capacidad de ejecución del proceso desde el momento del pedido hasta el momento de la adquisición, verificación y pago del lote.

## **2.5. SUBPROCESO DE SELECCIÓN Y EJECUCIÓN**

**2.5.1 Selección.** La selección de las diferentes ofertas de compras, se puede realizar mediante un análisis y toma de decisiones, el cual es un procedimiento sistemático basado en la ponderación y priorización de criterios. Existen varios métodos de análisis tales como:

✚ Toma de Decisiones Bajo Incertidumbre:

- a. Criterio 1: Maximax: Este criterio encuentra una alternativa cuyo resultado es el valor máximo. Se encuentra el resultado máximo de una alternativa y después se elige la del numero mayor. (Optimista)
- b. Criterio 2: Maximin: Encuentra la alternativa que maximiza el resultado con la misma perdida. Se localiza la alternativa, con el menor numero de perdida. (Pesimista)
- c. Criterio 3: Semejanza: Encuentra la alternativa del resultado promedio más alto.

✚ Árbol de Decisiones: Es la representación gráfica de un proceso de decisiones que indica sus alternativas, estado natural y sus probabilidades respectivas, así como los resultados para cada combinación de alternativas y estados.

**2.5.2 Ejecución.** Una vez se ha obtenido la selección del proveedor y la aprobación de la compra, se procede a legalizar la negociación. Para esto se deben tener en cuenta los **Mecanismos de Compras** existentes las cuales son técnicas o acuerdos entre empresa-proveedor que se emplean al momento de realizar una compra. A continuación se mencionan algunas de ellas:

- a. Ordenes abiertas: son contratos para comprar ciertos artículos a un proveedor, con previo acuerdo de una o más variables comerciales, ejemplo: calidad, precio, cantidad. Sin embargo, no hay compromiso sobre disponibilidad inmediata. Para poder liberar una entrega se requiere de una autorización escrita (orden de compra)<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> BENDER, Bary y Heizer Jay, Principios de Administración de Operaciones, México año 1995. pag 411 – 412

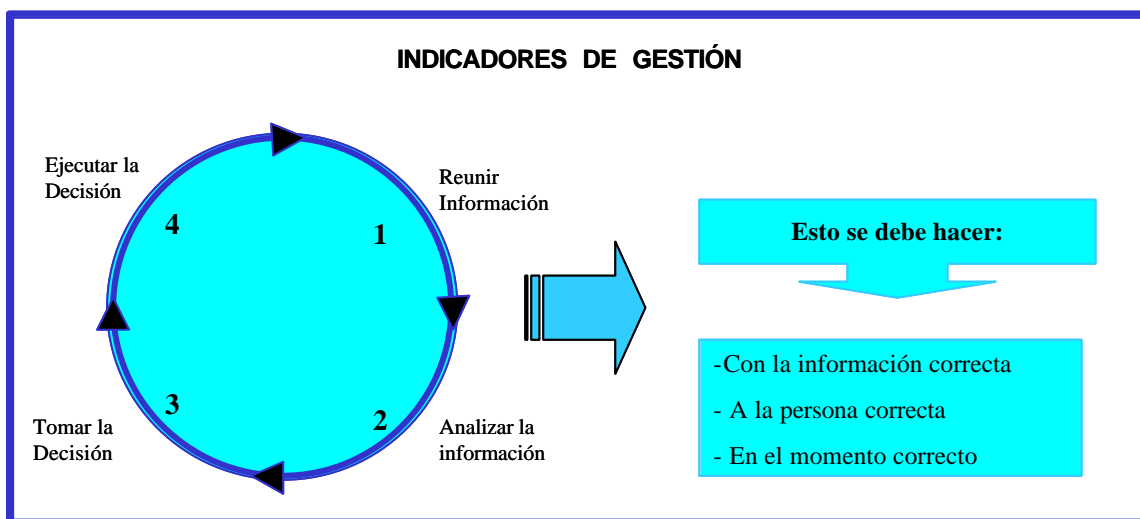
- b. Compras informales: es una extensión de las buenas relaciones comprador-proveedor. Se procede al pago contra entrega, con previa verificación de cantidad, calidad y demás variables.<sup>2</sup>
  
- c. Orden por medio electrónico y transferencia de fondos: los procesos de compra pueden reducir cifras considerables de costos, si acuden a las transacciones de tipo electrónico (electronic data interchange) los documentos de ordenes de compra como remisión, facturas y pagos pueden hacerse por este medio con previa aceptación de las partes.<sup>2</sup>
  
- d. Compras con inventario en consignación: bajo un convenio de asignación de topes de cantidades de inventario, el proveedor asume la propiedad del mismo. El pago se hace mediante los retiros que el comprador haga de este inventario, al igual que el proveedor procederá a sustituir las cantidades que el comprador asuma.<sup>2</sup>
  
- e. Comprador justo a tiempo: esta enfocado a la reducción del desperdicio en actividades, tareas o subprocesos que no permiten optimizar los tiempos de entrega, eliminar, reducir los inventarios en planta, en transito, y mejorar la confiabilidad de los productos suministrados.<sup>2</sup>
  
- f. Compras sin inventario: El termino de compras sin inventario ha llegado a significar que el proveedor mantiene el inventario en sus instalaciones en lugar del comprador. Cuando el proveedor es suministrador de varios compradores del mismo tipo de artículo esta estrategia le es conveniente.<sup>2</sup>

**2.5.3 Tráfico y Transporte.** En este procedimiento se tiene en cuenta los tramites legales, técnicos, económicos, financieros y de seguridad, que se deben hacer cuando se lleva acabo una compra o venta de material en la empresa, ya sea a nivel nacional o internacional. Este procedimiento se trata con mayor profundidad en él capitulo de trafico y transporte.

## 2.6 SUBPROCESO DE CONTROL Y GESTIÓN

La gestión a través de un sistema de indicadores, le permite a la administración identificar y actuar contra los principales obstáculos en el ciclo de toma de decisiones, con el fin de mejorar la efectividad y la certeza en la toma de estas.

**2.6.1 Indicador de Gestión.** Un indicador de gestión es un marcador o trazador que sirve para monitorear en forma continua las variables que son factores críticos de éxito o que exijan control en un proceso, en una organización o en un negocio. En otras palabras un indicador para que hoy revisemos las decisiones del ayer y mejorar el mañana (Ver figura 12).



**Figura 12. Indicadores de Gestión**

**2.6.2 Indicadores de Gestión para el Proceso de Compras.** Los indicadores de gestión constan de ciertos pasos, acciones y herramientas tal como se muestra en el cuadro 9.

Las acciones que se deben de tener en cuenta para el establecimiento de los indicadores de gestión son los siguientes:



1. Seleccionar las áreas de éxito.
2. Definir los factores críticos de éxito (FCE) para cada área del proceso.
3. Definir las variables que midan el cumplimiento de los FCE.
4. Establecer valores a las metas.
5. Establecer periodos y métodos adecuados de medición.

**Cuadro 9. Indicadores de Gestión**

	<b>ACCIONES / OBSERVACIONES</b>
<b>SELECCIONAR LAS ÁREAS DE ÉXITO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desempeño del Proveedor.</li> <li>2. Desempeño de la Organización</li> <li>3. Estrategia de Suministro.</li> </ol>
<b>IDENTIFICAR LOS FACTORES CRITICOS DE ÉXITO (FCE)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calidad del Material.</li> <li>2. Especificaciones Técnicas.</li> <li>3. Cantidad Despachada.</li> <li>4. Tiempo de Entrega.</li> </ol>
<b>ESTABLECER INDICADORES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deben ser objetivos y verificables</li> <li>- Trabajo en equipo.</li> <li>- El indicador debe agregar valor al proceso.</li> </ul>
<b>DETERMINAR METAS</b>	<p>Se establecen metas con sus respectivos valores y niveles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MINIMO</li> <li>- SATISFACTORIO</li> <li>- SOBRESALIENTE</li> </ul> <p>Estos de acuerdo al criterio de cada empresa.</p>
<b>MEDIR Y ELABORAR LOS INFORMES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoja de Registro.</li> <li>- Software para Indicadores.</li> <li>- Base de Datos.</li> </ul>

Los resultados esperados del análisis del subproceso de Control y Gestión son los siguientes:

- Recomendación para futuras estrategias de suministro relacionadas con el desempeño del proveedor evaluado y su interés para trabajar conjuntamente en el largo plazo.
- Identificación de oportunidades para mejoramiento de calidad, cantidad, entrega, costo total y servicio.
- Recomendaciones para futuras estrategias de compra.
- Recomendaciones para futuros planes de compra.

## 2.7 MANUAL DE LOS SUBPROCESOS DE COMPRAS

Las organizaciones deben documentar todos sus subprocesos en donde se consignen toda la información pertinente a los mismos, con el fin de proporcionar una guía de consulta internas y externas para todas aquellas dependencias que lo soliciten. La normalización de los subprocesos se consignan en el cuadro 10:

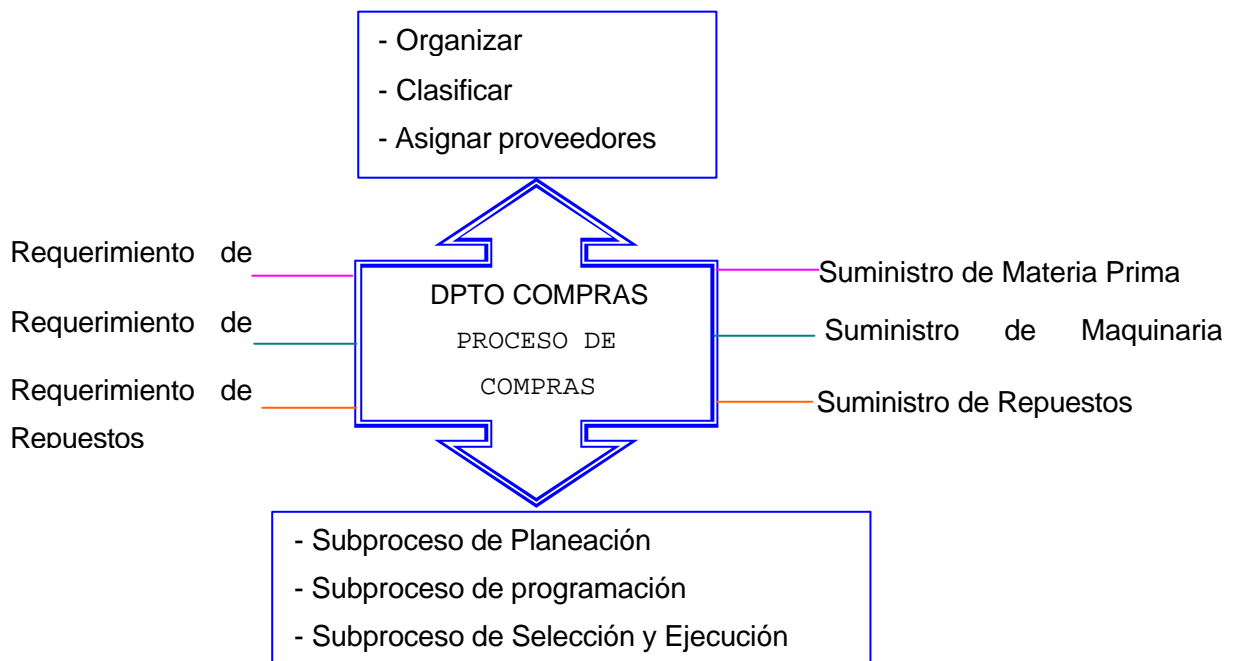
**Cuadro 10. Normalización de los procedimientos**

TOPICOS	COMPRENDE
Subproceso de Planeación	Políticas, objetivos, relaciones, procedimientos y documentos utilizados.
Selección de Proveedores	Investigación, selección, evaluación, calificación, desarrollo, contratación y auditoría.
Evaluación Economía de las Compras	Evaluación económica, precios, costos, valor agregado, análisis del valor, análisis de tendencia.
Manejo de Información Técnica	Investigación, documentación, red de información y sistema de apoyo.
Subproceso de Programación	Se debe tener en cuenta la distribución del tiempo y capacidad de ejecución del proceso desde el momento del pedido hasta el momento de la adquisición, verificación y pago del lote.
Subproceso de Selección y Ejecución	Se lleva a cabo la selección del proveedor y la ejecución de la compra, así como los tramites de tráfico y transporte
Subproceso de Control y Gestión	Definición de especificaciones, sistema de muestreo, control de proveedores y métodos de ensayo.

## RESUMEN

El Proceso de Compras se inicia cuando se presenta una necesidad en cualquiera de las dependencias de la empresa la cual debe ser resuelta.

Se pueden presentar diversas necesidades en cada dependencia que llegan al departamento de compras en forma de requisiciones y éste las recibe para realizar la correspondiente organización, clasificación y asignación de los posibles proveedores a través de los cuatro subprocesos básicos del proceso, para dar como resultado el suministro o satisfacción de las necesidades. Por ejemplo:



Cada uno de los Subproceso mencionados anteriormente se desglosan en un conjunto de procedimientos, actividades y tareas las cuales son indispensables para que se lleven a cabo de forma optima.

Subproceso Planeación de las Compras: consiste básicamente en la evaluación periódica de toda la información referente a los proveedores, tecnología de punta, materiales, materias primas nuevas que han salido al mercado. Además de conocer todo lo referente a cantidad y especificaciones del producto, material o materia prima que se requiere. En este subproceso se llevan a cabo 2 procedimientos importantes, los cuales se deben cumplir para poner en marcha el Subproceso de programación, estas son:

Interrelación del proceso de compras con los demás procesos de la organización  
Selección y Evaluación de Proveedores

Subproceso de Programación de las Compras: En éste Subproceso se lleva a cabo el plan de compras. Se cuestionan cada una de las necesidades o pedidos teniendo en cuenta el consumo real y las existencias mínimas requeridas.

Subproceso de Selección y Ejecución: En éste Subproceso se lleva a cabo la selección de las ofertas de compra, pero esto se hace mediante un análisis y toma de decisiones, donde una vez obtenida la selección del proveedor y la aprobación de la compra, se procede a legalizar la negociación.

Subproceso de Control y Gestión de Pedidos: A través de éste Subproceso se puede determinar y medir inconvenientes u obstáculos entre las etapas del ciclo de decisiones que pueden ocasionar frustraciones o imposibilitar el buen funcionamiento del proceso de compras.

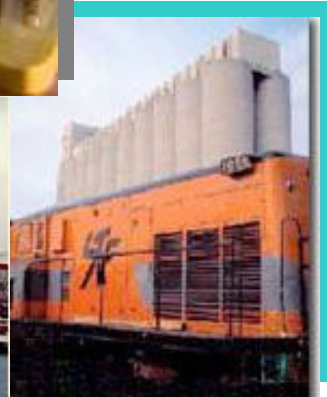
## CUESTIONARIO

1. ¿Cuál es el objetivo principal del proceso de compras?
2. A través de un ejemplo de respuesta a los interrogantes planteados en el Subproceso de planeación de las compras.
3. ¿De qué forma se puede conocer que el proceso de compra ésta marchando de manera eficiente? Explique.
4. Defina los siguientes términos y de ejemplos para su aplicación: Adjudicación de la compra, indicador de gestión, compras sin inventario, lluvia de ideas, NIT.
5. A través de un flujo grama muestre las etapas del procedimiento de selección y evaluación de proveedores.
6. Clasifique y enuncie los documentos o especificaciones que deben entregar los proveedores a la organización y que información le brinda a la organización cada uno de ellos.
7. En qué radica la importancia de que la organización cuente con un proceso de compras muy bien estructurado. Realice un cuadro comparativo de ventajas y desventajas.
8. Realice una DOFA con respecto al presente capítulo aplicada a una empresa manufacturera donde se brinde estrategias de mejora para su proceso de compras.
9. De ejemplos de empresas (3) que aplican Servicio Postventa - asesoría y de qué manera lo hacen.

# CAPITULO

# 3

Tráfico y .



... TRANSPORTE

## OBJETIVO

Lograr que los estudiantes conozcan los diferentes Modos de transporte, que entidades y dependencias los rigen (sus normas, leyes y documentos). Con el fin de que identifique las características, ventajas y desventajas que existen, a la hora de escoger cual de estos es el más óptimo para el transporte de una carga específica.

## 3. TRÁFICO Y TRANSPORTE

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Son cuatro los principales medios de transporte utilizados para hacer llegar a su destino final los materiales o productos terminados fabricados en las empresas. Cada empresa escoge de acuerdo a los costos incurridos, al tipo de material a transportar, al tiempo acordado con el cliente y otros diversos factores el transporte más seguro que utilizará. Por ello es necesario que las empresas conozcan muy bien los trámites legales que debe realizar para transportar sus productos sin ningún inconveniente ya sea nacional o internacionalmente, también sería ideal contar con un departamento especialmente dedicado a todos los aspectos mencionados anteriormente, pero si esto no es posible como es el caso en las mayorías de las empresas entonces le corresponde ésta labor al Proceso de Compras (específicamente en el subproceso de ejecución) como se explica en éste capítulo.

### 3.2 HISTORIA DEL TRANSPORTE EN COLOMBIA

**3.2.1 El Transporte Ferroviario en Colombia.** Desde 1.846 existió ya la inquietud de descongestionar el tráfico por el río Magdalena; en muchas oportunidades a partir de esta fecha se trató de concretar la construcción del ferrocarril. La economía del país en esa época requería ya de un transporte ágil y económico pero, solo en 1.881 se firmó el contrato para dar comienzo a la obra del ferrocarril y para 1.882 ya había un tráfico normal por el ferrocarril de Antioquia.



Los Ferrocarriles Nacionales de Colombia fueron creados en 1.954, en esta fecha se inició la construcción del ferrocarril del Atlántico, que une a Bogotá con Santa Marta.

El nuevo esquema institucional da nacimiento a Ferrovías como una empresa industrial y comercial del estado, y le asignó la responsabilidad del control del tráfico, mantenimiento, rehabilitación y expansión de la red férrea, en tanto que la operación de los tramos y la comercialización del servicio se dejó en las empresas privadas que para el propósito constituyeron.

Adicionalmente se creó el Fondo de Pasivo Social, con el objeto de atender básicamente el pago de pensiones y los servicios asistenciales del personal pensionado y sus familias.

De esta manera se intentó dar comienzo a una nueva época del transporte ferroviario, se aprobó un plan de inversiones por US\$ 338 millones para rehabilitar 1.606 kilómetros, modernizar los sistemas de comunicaciones y reparar las estaciones y bodegas; este plan fue programado para ejecutarlo entre 1.991 y 1.995 con el fin de mejorar las condiciones de operación, ofrecer un buen nivel de servicio y garantizar la estabilidad a las empresas operadoras.

De este proceso de recuperación solo quedó la evidencia de que no fue planeado y que ni Ferrovías, ni las empresas operadoras creadas en la época, estaban diseñadas y preparadas para sacar adelante el modo.

Colombia cuenta con 3.154 kilómetros de vías férreas, de trocha - angosta (914 milímetros), de los cuales 1915 kilómetros (60.7%) son corredores activos, los restantes 1.239 kilómetros (39.3%) están fuera de funcionamiento. Del total de corredores activos 1665 kilómetros son operados comercialmente en la actualidad




**3.2.2 Transporte Fluvial en Colombia.** La navegación propiamente dicha comienza en el año de 1537 mediante la utilización de las embarcaciones denominadas champanes. En el año de 1824 se inicia la navegación a vapor con la llegada del vapor "Fidelidad" embarcación que debido a su gran tamaño y calado debió ser retirada seis meses más tarde. Un año más tarde los vapores "Santander y Gran Bolívar" inician la navegación a

vapor; sólo hasta 1847 se puede afirmar que se estableció en el río Magdalena la navegación permanente, al implantar el gobierno del General Mosquera las primeras normas de navegación; ya en el siglo pasado se hicieron los primeros ensayos con combustibles líquidos y la propulsión mediante hélices, sistemas que fueron imponiéndose hasta el punto que en el año de 1961 desaparecieron los últimos vapores.

La navegación a vapor se inició en 1856 cuando el vapor "Meta" alcanzó la boca del río Cravo . En diciembre de 1857 el vapor "Barinas" de la Compañía de Vapores del Orinoco repitió la exploración alcanzando el puerto de Cabuyaro. En el año de 1893 José Bonnet, ciudadano francés residente en Colombia, fundó una compañía de navegación que funcionó hasta el año de 1898, en el cual se suspendieron sus actividades por causa de la guerra civil. En el siglo pasado la navegación se restableció totalmente en el año de 1948 cuando Navenal inició el transporte de ganado por el río.

En Colombia las vías fluviales han sido el medio de comunicación y de transporte más importante, convirtiéndose en el eje donde se agrupó la mayoría de su población. En las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas, sus vías fluviales constituyen prácticamente los únicos y más importantes medios de transporte, y aunque no han alcanzado un grado de desarrollo similar al sistema fluvial del Magdalena, serán en un futuro muy próximo las áreas donde el país obtendrá los recursos necesarios para su desarrollo.

### **3.3 ACTIVIDADES DEL PROCEDIMIENTO DE TRÁFICO Y TRANSPORTE**

-  Obtener información actualizada acerca de las regulaciones nacionales e internacionales, la disponibilidad modal, los fletes, el embalaje, entre otros aspectos.
  
-  Evaluar alternativas y combinaciones de los diferentes modos de transporte (aéreo, terrestre, marítimo, fluvial y férreo).
  
-  Determinación de las tarifas (aprovechando tarifas especiales ofrecidas por empresas distribuidoras): Establecer una tarifa justa y equitativa entre empresa – distribuidor.

- ✚ Selección de los transportistas y las rutas.
- ✚ Ejecutar y administrar tramites.
- ✚ Auditoria, gastos por carga y los trámites relativos a reclamación.
- ✚ Localización de los embarques demorados o perdidos
- ✚ Determinación de las posibilidades de reducir los costos mediante la consolidación de embarques y aprovechando las tarifas especiales que ofrecen diversas compañía de transporte.
- ✚ Controlar y evaluar.

**3.3.1 Selección Modal.** Es el análisis comparativo de las diferentes alternativas de transporte, con el cual se puede llegar a escoger la más conveniente. Algunos de los aspectos que hay que tener en cuenta para llegar a una evaluación comparativa de las diferentes alternativas son los siguientes:

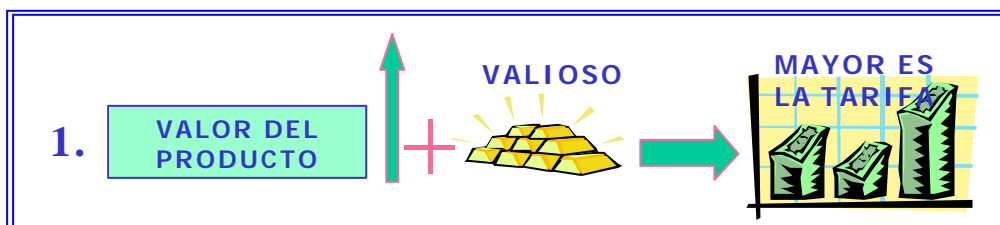
- ✚ Tamaño y frecuencia de las ordenes de envío.
- ✚ Tiempo mínimo necesario para la satisfacción de la orden.
- ✚ Políticas de almacenamiento y rotación de inventario.
- ✚ Criterio para la asignación de la carga a los transportadores tradicionales.
- ✚ Comportamiento de la demanda del producto y la satisfacción de la misma.
- ✚ Ubicación geográfica del proveedor, la producción y el consumidor.

**3.3.2 Criterios para Seleccionar la mejor Alternativa de Transporte.** Las variables a tener en cuenta para la selección de la mejor alternativa son las siguientes:

- + Termino de Compra – Venta
- + Urgencia de despacho
- + Naturaleza del producto (perecedero, fragilidad, carga peligrosa, entre otros)
- + Características de la carga (granel, líquido o sólido, carga autorizada o no autorizada, peso del embarque, volumen del embarque, etc)
- + Preparación de la carga: Embarque y señalización (requerimientos espaciales, protección y simbolización), Carga unitaria (paletización y contenedorización)
- + Estructura de los modos de transporte a evaluar: Disponibilidad de servicio, unidades que presenta el servicio (camiones, vagones, buques, aviones)
- + Aspectos legales (seguros, aduanas, regulación nacionales e internacionales y convenios)

**3.3.3 Tarifas del Transporte.** Para establecer las tarifas en los diferentes modos de transporte, se tienen en cuenta ciertos factores tales como:

- + Valor del producto (ver figura 13)



**Figura 13. Valor del Producto**

✚ Costo del acarreo. El cual está relacionado con:

- a. La densidad del producto. Esta se relacionada con la posibilidad por parte de la empresa de transportes de aprovechar al máximo su capacidad de carga.
- b. Requisitos de empaques. Mientras mayores sean dichos requisitos más elevadas serán las tarifas.
- c. Espacio requerido.
- d. Factores geográficos.
- e. Volumen de carga transportada.
- f. Las distancias entre los sitios de transporte.
- g. Los servicios especiales requeridos, tales como: transbordos y escalas.

✚ Reglamentos Gubernamentales

**3.3.3.1 Variaciones dentro de la Estructura de Tarifas Establecidas.** Además de las diferencias que existen entre las empresas de transporte, también hay variaciones en las tarifas que se pueden clasificar en:

✚ Tarifas por clase de artículo y por artículo: Las primeras son tarifas generales que se establecen agrupando diversos artículos en un número limitado de clases y se aplican considerando el grupo o la clase a que pertenece el artículo en cuestión. Una tarifa de artículo por lo contrario, es una tarifa especial que se aplica a un artículo específico. Es una tarifa cotizada directamente, en lugar de apoyarse a un sistema de clasificación de cargas.

- + Descuentos por cantidad (Prácticas de embarques): Un artículo tendrá una tarifa de transporte reducida si el peso de la cantidad embarcada llega a los límites de peso establecidos para el vehículo, es decir, constituye una carga completa. En cambio, se aplicará una tarifa más elevada si el peso del embarque es menor que la carga completa.

### 3.3.4 Auditoria y Pago de los Cargos por Carga

- + Cargos por demora: Las empresas de transporte fijan el monto de los cargos por demora, cuando los vehículos, barcos, avión o ferrocarriles retenidos por el consignatario va más allá del tiempo estipulado para efectuar la carga o la descarga de la mercancía. Se permiten dos días de tiempo extra antes que hagan cargos por demora.
- + Ajustes y presentación de reclamaciones: Cuando llega un embarque, es necesario que el comprador examine la mercancía sin demora. Si se descubre una pérdida o daño, se debe hacer una observación en el original de la factura del flete extendida por el agente de la empresa de transportes o por su representante. El agente o el representante preparará entonces un informe de pérdida o daño. Cuando el comprador presente la reclamación por pérdida o daño, la empresa de transporte se referirá a este informe y el ajuste correspondiente podrá obtenerse en un tiempo relativamente corto.

### 3.3.5 Expedatación y Rastreo






- + Expedatación consiste en seleccionar la ruta más directa por la cual se transportará la carga, teniendo en cuenta las condiciones de tráfico prevalecientes y el seguimiento del pedido, con el fin de asegurar el embarque y evitar demoras.
- + Rastreo, es utilizado cuando, después de transcurrido el tiempo estipulado para que el embarque llegará a su destino, este aún no ha llegado.

**3.3.6 Evaluación de Costo y Tiempo.** A la hora de evaluar los costos que se encuentran involucrados en el transporte de la carga a nivel externo al igual del tiempo, se tienen en cuenta algunos elementos:

- ✚ Tramitación de la orden
- ✚ Selección y elección del envío
- ✚ Empaque y embalaje adecuado
- ✚ Cargue y descargues necesarios
- ✚ Tramos en los cuales se efectúa el transporte
- ✚ Manejo de Materiales
- ✚ Tipos de tarifas
- ✚ Riesgos y Protecciones
- ✚ Naturaleza y característica de la mercancía
- ✚ Urgencia de los envíos
- ✚ Documentación necesaria
- ✚ Orígenes, destinos y sus distancias
- ✚ Tipos de vehículos autorizados
- ✚ Condiciones socio-económicas de cada país

### 3.4 INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE EN COLOMBIA

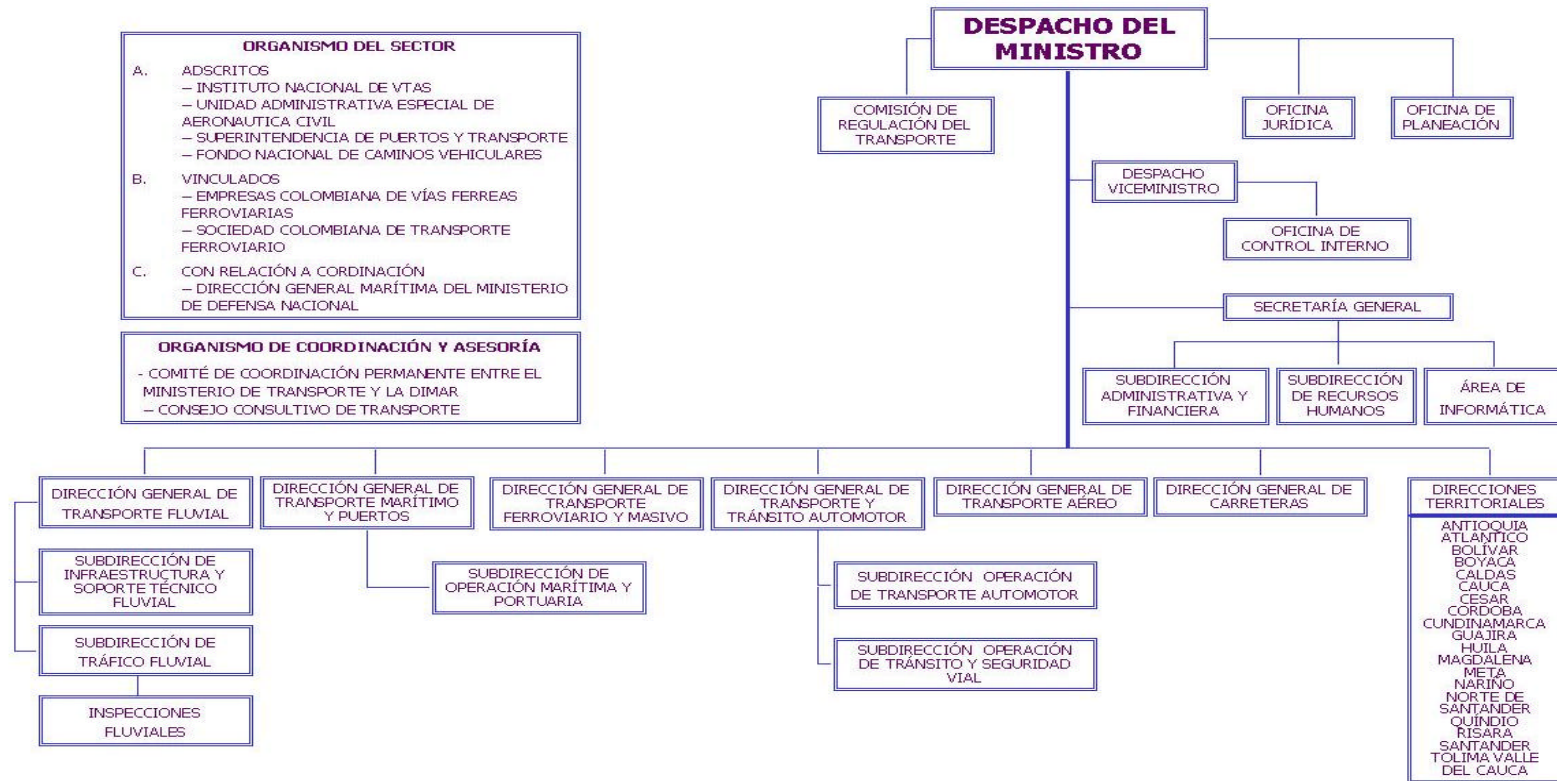
El régimen que regula las relaciones entre el transportador y el usuario está contenido en el Código de Comercio, en este código se dan los principios generales del transporte. En la figura 14, se muestra el organigrama del Ministerio de Transporte de Colombia. Este Ministerio consta de varias dependencias que regulan los diversos modos de transporte que existen en Colombia así:

-  Dirección General de Transporte Marítimo y Puertos
  
-  Dirección General de Transporte Aéreo
  
-  Dirección General de Transporte y Tránsito Automotor:
  
-  Dirección General de Transporte Fluvial.
  
-  Dirección General de Transporte Ferroviario y Masivo.





**MINISTERIO DE TRANSPORTE  
ESTRUCTURA ORGÁNICA  
DECRETO 101 Y 540 DEL AÑO 2000**



**Figura 14. Organigrama del Ministerio de Transporte de Colombia**

**3.4.1 Cláusula Libre A Bordo.** La cláusula “Libre a Bordo” indica el punto de origen desde el cual se calcularán los cargos por carga. La designación del Libre a Bordo (L.A.B.) determina quien paga los cargos por la carga, y también quien tiene el título legal de la mercancía mientras se encuentra en poder de la empresa de transporte.

### **3.4.2 Modos de Transporte**

**3.4.2.1 Transporte Terrestre.** Regulado por la Dirección General de Transporte y Tránsito Automotor en compañía con el Instituto Nacional de Transporte (INTRA), organismo adscrito al Ministerio de Transporte.

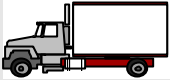




La DGTTA, es la dependencia encargada en Colombia de planear, dirigir, controlar y ejecutar las políticas que en materia de transporte por carretera se establece.

#### **Configuración de los Vehículos de Carga**

La configuración de los vehículos de carga está determinada por el número de ejes y de acuerdo a lo establecido en la Resolución No. 13791 de 1988, tal como se muestra en el cuadro 11.

*P.B.V:* Es el peso de un vehículo provisto de combustible, equipo auxiliar habitual y el máximo de carga que se le permite transportar

**Cuadro 11. Configuración de los Vehículos de Carga**

CONFIGURACIONES			
IDENTIFICACION	P.B.V.	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN
	16	C2	Camión sencillo de dos ejes
	28	C3	Camión doble troque
	32	C4	Camión rígido 4 ejes
	36	C2S	Tractocamión con cabezote de 2 ejes
	52	C3S	Tractocamión con cabezote de 3 ejes

 **Capacidad Ofrecida**

Si se toma como base la capacidad ofrecida, para evaluar la cantidad de toneladas que pueden transportar todos los vehículos de transporte de carga, se muestran los siguientes resultados (ver cuadro 12):

**Cuadro 12. Capacidad Ofrecida**

<b>CAPACIDAD OFRECIDA POR CLASE DE SERVICIO (Toneladas)</b>			
<b>CONFIGURACION</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>PARTICULAR</b>	<b>PUBLICO</b>
<b>C2</b>	730,512	358,398	372,114
<b>C3</b>	172,027	33,554	138,472
<b>C4</b>	3,691	275	3,416
<b>C2S</b>	11,265	3,088	8,177
<b>C3S</b>	614,418	30,318	584,100
<b>TOTAL</b>	<b>1,531,913</b>	<b>425,633</b>	<b>1,106,280</b>

 **Aspectos Normativos del Transporte por Carretera**

El régimen jurídico del transporte carretero, está contemplado en el Código del Comercio, algunas de las Normas de Control son las siguientes:

- Resolución 13791 del 21 de diciembre de 1988, por la cual se determinan los límites de pesos y dimensiones de los vehículos de carga para la operación normal en las carreteras del país.
- Resolución 1705 del 8 de agosto de 1991, por la cual se reglamenta el transporte de combustibles, se establece un procedimiento y se adopta el formato DETC-01.
- Resolución 1093 del 27 diciembre de 1991, por la cual se reglamenta la planilla para el transporte de sustancias químicas de uso restringido, se establece un procedimiento y se adopta el formato D.E.T.C.-02.
- Acuerdo 050 del 14 de octubre de 1993, por el cual se establece el procedimiento para los trámites relacionados con el registro nacional de

remolques, semirremolques, multimodulares y similares, se adoptan los formatos S.T.C. No. 03566 del 3 de diciembre de 1991.

- Resolución 777 del 14 de febrero de 1995, por la cual se delega una función y se fijan unos requisitos y procedimientos para conceder o negar permisos para el transporte de carga extrapesada y extradimensional, por las carreteras nacionales a cargo del Instituto Nacional de Vías.
- Decreto 1910 del 21 de octubre de 1996, por el cual se reglamenta parcialmente el contrato de transporte de carga y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 988 del 7 de abril de 1997, por el cual se suprime la tarjeta de operación para prestar el servicio público de transporte terrestre automotor de carga.
- Resolución 1895 del 17 de abril de 1997, por la cual se dictan unas medidas en materia de vehículos de transporte de carga.
- Resolución 1896 del 14 de abril de 1997, por la cual se dictan unas disposiciones sobre el manifiesto de carga y se deroga una resolución.

#### Documentos para el Transporte Carretero

- a) Orden de Cargue: Este es un documento expedido por el transportador en el cual se solicita al cliente entregue la mercancía a un vehículo determinado de la compañía transportadora.
- b) Conocimiento Internacional de Embarque: Este es un documento que prueba el contrato de transporte; es un título valor y por medio de este se realiza el embarque de una mercancía y el cual debe ser expedido por la empresa de transporte autorizado.
- c) Manifiesto de carga: Es un documento interno de la empresa de transporte,

que sirve para controlar los despachos y unificar el tránsito de las mercancías por parte de las autoridades aduaneras, policías, entre otras entidades. Este documento establece los términos de manejo de la mercancía, pago de fletes y condiciones de entrega.

- d) La remesa: Este es un documento que expide el transportador, en el cual se dan instrucciones para cada despacho y debe ser firmado por el conductor, indicando la conformidad de recibo y entrega de la mercancía.
- e) El Cumplido: Este es un documento que el destinatario debe firmar en señal de haber recibido la mercancía de conformidad con los términos del contrato de transporte pactado en el conocimiento de embarque.

#### **Tarifas del Transporte Carretero**

En el transporte de carga en Colombia se han venido presentando dificultades en la determinación del valor del flete, entendiéndose éste como la contraprestación económica que la empresa de transporte le otorga al propietario del vehículo por la utilización de su equipo en la movilización de mercancía entre un origen y un destino.

Una de las principales causas de esta situación es la falta de unificación de criterios por parte de los integrantes de la cadena en torno a la metodología de cálculo del costo de operación vehicular para el transporte de carga por carretera. Así el Ministerio de Transporte expidió la Resolución 212 del 14 de febrero del 2000 y en su artículo 3 creó un grupo de trabajo integrado por representantes de los generadores de carga, empresas de transporte, y propietarios de vehículos quienes bajo la dirección del Despacho del Señor Viceministro de Transporte y con el apoyo de Subdirección Operativa de Transporte a través del Grupo de Estudios de Transporte de carga, realizan un análisis pormenorizado de la estructura de costos de operación vehicular para el transporte de carga en carretera formulada por el Ministerio.

Para el cálculo del costo total de operación por ruta, se relacionan las siguientes variables:

- Costo variable por tonelada ruta.
- Comisión del Conductor incluido factor prestacional y descuentos administrativos (13.3%)
- Costos de administración (5% del costo total)

La secuencia de cálculo para determinar el costo total de operación es en esencia la planteada en la metodología inicial diseñada por el Ministerio de Transporte, con la variante del traslado del costo que ocasiona la administración del vehículo a un factor final de cálculo como se muestra:

$$\text{Costo Fijo Ruta} = \frac{\text{Costo fijo Mes}}{\text{Número Recorrido/ mes Ruta}}$$

$$\text{Costo Fijo} = \frac{\text{Costo fijo Ruta}}{\text{Tonelada Ruta/ Capacidad(tonelada)}}$$

**Costo Variable Ton-Ruta** = Para mayor información diríjase a la pagina web [www.minstrandporte.gov.co](http://www.minstrandporte.gov.co)

**Subtotal Costo Operación** = (Costo fijo tonelada - ruta + Costo variable tonelada - ruta) / (1- 0.133)

**Costo Total Operación** = (Subtotal Costo Operación)\* 1.05

**3.4.2.2 Transporte Marítimo.** Las autoridades competentes son: El Ministerio de Transporte, la Superintendencia de Puertos y Transporte (SUPERTRANSPORTE) y la Dirección General Marítima (DIMAR).



La relación de coordinación entre el Ministerio de Transporte y la Dirección General Marítima (DIMAR), se efectúa a través de la Dirección General de Transporte Marítimo y Puertos del Ministerio de Transporte

Corresponde a la Dirección General Marítima – DIMAR, habilitar y expedir el permiso de operación, en un solo acto administrativo, a las empresas interesadas en prestar el servicio público de transporte marítimo internacional o de cabotaje, habilitar al transportador no operador de naves y expedir autorización especial de operación a las empresas de servicio privado de transporte marítimo y a las empresas propietarias de una sola nave cuyo tonelaje no exceda de 50 TRB.

### **Acuerdos de Transporte Marítimo**

Los siguientes son artículos correspondientes al DECRETO No. 804 DE 2001

**ARTÍCULO 32.** Acuerdo de Transporte. Es el convenio celebrado entre empresas de transporte marítimo debidamente habilitadas y con permiso de operación con el objeto, entre otros, de mejorar los servicios; de racionalizar el empleo de naves y costos de operación; de compartir ingresos, utilidades o pérdidas y en general, de cualquier concertación en términos y condiciones para prestar servicios de transporte marítimo.

**ARTÍCULO 33.** Registro. Todos los acuerdos deben registrarse ante DIMAR directamente por la empresa designada, por quien la represente en el país o por su agente marítimo, diligenciando el formulario respectivo, dentro de los veinte (20) días siguientes a su celebración, cumpliendo con los siguientes requisitos:

1. Listar las empresas de transporte marítimo integrantes del Acuerdo de Transporte.

2. Indicar los puertos nacionales y extranjeros entre los cuales se pretende prestar el servicio.
3. Indicar las frecuencias respectivas, si se trata de servicio regular.
4. Indicar el tipo de carga que se pretende transportar.
5. Registrar los montos de las tarifas básicas y de los recargos, o el valor del transporte por pasajero, según sea el caso, de conformidad.
6. Designar a uno de los miembros como representante ante DIMAR para todos los efectos relativos al acuerdo.

DIMAR objetará y no registrará el Acuerdo de transporte dentro de los quince (15) días hábiles siguientes al recibo de la solicitud, con base en las siguientes causales:

- a) Cuando a la empresa colombiana no se le otorgue en el país de origen de la empresa extranjera con la cual ha celebrado el Acuerdo, trato igualitario con base en el principio de reciprocidad consagrado en este decreto.
- b) Cuando el acuerdo contenga cláusulas que prohíban en forma expresa o impidan de manera efectiva a una de las partes la prestación de servicios de transporte marítimo, en uno o más tráficos, desde o hacia puertos colombianos.
- c) Cuando la Superintendencia de Industria y Comercio determine que el acuerdo puede resultar contrario a las disposiciones sobre prácticas comerciales restrictivas y competencia desleal. Para lo anterior, DIMAR una vez recibido el acuerdo remitirá copia del mismo a la Superintendencia, para lo de su competencia.

La objeción debe ponerse de inmediato en conocimiento del Ministerio de Transporte quien oportunamente comunicará al CONPES.

## Tarifas y Fletes del Transporte Marítimo

Lo siguiente se contempla en el DECRETO No. 804 DE 2001.

**ARTÍCULO 36.** Participación. Las empresas colombianas de transporte marítimo podrán participar en conferencias marítimas que contemplen como objetivo principal la racionalización de fletes y los servicios de transporte marítimo, siempre que se ajusten a los principios de libre acceso y a las disposiciones sobre prácticas comerciales restrictivas y competencia desleal. Las conferencias marítimas que cubran puertos colombianos deberán permitir el libre ingreso o retiro de las empresas colombianas de transporte marítimo. DIMAR registrará las conferencias conforme a los procedimientos que en el presente decreto se establecen. El hecho de pertenecer a una conferencia marítima no implica que las naves de los armadores miembros de ella sean asimiladas a la bandera colombiana.

**ARTÍCULO 40.** Se entiende como flete o precio del transporte marítimo, la tarifa aumentada con los recargos o cualquier otro componente que altere el valor final del transporte.

**ARTÍCULO 41.** Sistema. Para el modo de transporte marítimo el sistema tarifario que se aplica es el de la libertad controlada. No obstante, DIMAR podrá en cualquier momento, de oficio o a petición de parte, revisar las tarifas y fletes registrados para el transporte marítimo y señalar si es del caso, por escrito, las objeciones que estime pertinentes.

**ARTÍCULO 42.** Registro. Toda empresa de transporte marítimo conferenciada o no, o que habiendo cumplido la normatividad aplicable haya celebrado acuerdos de transporte para carga general que opere tráficos que cubran puertos colombianos, debe registrar ante DIMAR las tarifas, recargos y

cualquier otro componente que altere el valor final del transporte, en los términos establecidos en el presente título. En el evento en que la empresa forme parte de una conferencia marítima el registro efectuado por ésta será suficiente. La correspondiente solicitud de registro debe ser suscrita por la empresa de transporte marítimo, su representante comercial o el agente marítimo nominado.

Las empresas de transporte marítimo conferenciadas o no, o que hayan celebrado acuerdos de transporte, no podrán embarcar bienes cuyo origen o destino se encuentre ubicado en el territorio colombiano, antes del registro de las tarifas o recargos, o cuando se suspenda dicho registro. Las tarifas empezarán a regir a partir de la fecha de su registro, excepto cuando se trate de incrementos conforme se señala en el artículo 44 del presente decreto.

**ARTÍCULO 43.** Requisitos de registro. Las empresas de transporte marítimo conferenciadas o no, o que hayan celebrado acuerdos de transporte, deben suministrar la siguiente información:

1. Clasificación de las tarifas por producto o tipo de carga.
2. Monto de las tarifas básicas por rutas o por sector geográfico que cubran puertos colombianos, los recargos adicionales y demás componentes que alteren el valor final del transporte junto con su justificación.
3. Copia de la reglamentación interna relativa a la aplicación de las tarifas, recargos y descuentos.
4. Acuerdos de tarifas por tiempo – volumen, contratos especiales de servicio de transporte marítimo y vigencia de los mismos.

Las tarifas o fletes registrados para servicio de cabotaje deben ser discriminadas en toneladas o kilos, por puerto y producto.

**ARTÍCULO 44.** Revisiones. En cualquier momento las empresas de transporte marítimo conferenciadas o no, o que hayan celebrado acuerdos de transporte y las conferencias marítimas, podrán efectuar revisiones o modificaciones parciales o totales a las tarifas, recargos y demás componentes que alteren el valor final del transporte que hubieren registrado. Cuando la revisión conduzca a un incremento de la tarifa, recargo u otro componente de la misma previa justificación, este nuevo valor tendrá vigencia a los treinta (30) días calendario siguientes a su registro. Cuando se trate de disminución, este nuevo valor regirá a partir de la fecha de su registro.

**3.4.2.3 Transporte Aéreo.** Dirección general de transporte aéreo, la normatividad básica que esta dependencia aplica es el Decreto 101 de 2000, por el cual se creó la Dirección General de Transporte Aéreo dentro de la estructura del Ministerio y se le asignaron unas funciones. Es oportuno aclarar que en términos generales el Ministerio de Transporte no expide directamente regulaciones en relación con el modo aéreo, por cuanto de acuerdo con el Artículo 1782 del Código de Comercio, corresponde a la autoridad aeronáutica dictar los Reglamentos Aeronáuticos. Adicionalmente, gran parte de la normatividad aplicable al sector, corresponde a convenios internacionales y otros actos que los desarrollan.

#### **Documentos para el Transporte Aéreo**

1. Suministrar una documentación que sirva de evidencia sobre la conclusión del contrato de transporte.
2. Suministrar una prueba de recibo de los productos que van a hacer embarcados.
3. Facturas de gastos de transporte.
4. Certificado de seguro (si el envío se asegura a través de la compañía aérea).
5. Declaración de Aduana.

6. Suministrar una guía al personal del transportador para el manejo, despacho y envío del embarque.

## **Acuerdos de Transporte Aéreo**

### 1. NORMAS SUPRANACIONALES:

Decisiones del Pacto Andino N° 297, 320, 360 y 361 por las cuales se regula el transporte aéreo en la Región andina adoptando un régimen de libertad de vuelos en la subregión.

### 2. LEYES:

- Código de Comercio Arts. 981 al 1033 y 1773 al 1909
- Ley 105 de 1993, por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones.
- Ley 336 de 1996, por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Transporte.
- Ley 12 de 1947, por la cual se aprueba el Convenio sobre Aviación Civil Internacional suscrito en Chicago el 7 de diciembre de 1944.
- Ley 95 de 1965, por la cual se aprueban el Convenio para la Unificación de Ciertas Normas Relativas al Transporte Aéreo Internacional suscrito en Varsovia el 12 de octubre de 1929, el Protocolo que Modifica el Convenio para la Unificación de Ciertas Normas Relativas al Transporte Aéreo Internacional suscrito en La Haya el 28 de septiembre de 1955 y el Convenio Complementario al Convenio de Varsovia para la Unificación de Ciertas Normas Relativas al Transporte Aéreo Internacional Realizado por quien no

sea el Transportista Contractual suscrito en Guadalajara el 18 de septiembre de 1961.

- Ley 30 de 1971, por la cual se aprueba el Protocolo que Modifica el Convenio para la Unificación de Ciertas Reglas Relativas al Transporte Aéreo Internacional suscrito en Guatemala el 8 de marzo de 1971.
- Ley 19 de 1980, por la cual se aprueban los cuatro (4) Protocolos Adicionales que Modifican el Convenio de Varsovia suscritos en Montreal el 25 de septiembre de 1975.
- Ley 14 de 1972, por la cual se aprueban el Convenio sobre las Infracciones y Ciertos Actos Ilícitos Cometidos a Bordo de las Aeronaves suscrito en Tokio el 14 de septiembre de 1963 y el Convenio para la Represión del Apoderamiento Ilícito de Aeronaves suscrito en la Haya el 16 de diciembre de 1970.
- Ley 4 de 1974, por la cual se aprueba el Convenio para la Represión de Actos Ilícitos contra la Seguridad de la Aviación Civil suscrito en Montreal el 23 de septiembre de 1971.
- Ley 21 de 1976, por la cual se adopta el Acuerdo de Transporte Aéreo que regula las relaciones aerocomerciales entre Colombia y Alemania suscrito el 25 de noviembre de 1968.
- Ley 4 de 1975, por la cual se adopta el Acuerdo de Transporte Aéreo que regula las relaciones aerocomerciales entre Colombia y Brasil suscrito el 28 de mayo de 1958.
- Ley 12 de 1952, por la cual se adopta el Acuerdo de Transporte Aéreo que regula las relaciones aerocomerciales entre Colombia y España suscrito el 11 de diciembre de 1951.

- Ley 6 de 1988, por la cual se adopta el Acuerdo de Transporte Aéreo que regula las relaciones aerocomerciales entre Colombia y Francia suscrito el 28 de abril de 1953.
- Ley 11 de 1952, por la cual se adopta el Acuerdo de Transporte Aéreo que regula las relaciones aerocomerciales entre Colombia y Portugal suscrito el 9 de marzo de 1951.
- Ley 13 de 1952, por la cual se adopta el Acuerdo de Transporte Aéreo que regula las relaciones aerocomerciales entre Colombia y el Reino Unido suscrito el 16 de octubre de 1947.

#### **Especificaciones Técnicas**

En el cuadro 13, se muestran algunos tipos de aviones de cargas con sus respectivas especificaciones. Cabe resaltar que la capacidad de carga del avión varía en función del trayecto y de la temperatura. En la figura 15, se muestran gráficamente los tipos de aviones carga



**Cuadro 13. Especificaciones Técnicas de los Aviones de Carga**

<b>AVIÓN / CANTIDAD</b>	<b>CAPACIDAD DE CARGA</b>	<b>COMPARTIMIENTO DE CARGAS - DELANTERO</b>	<b>COMPARTIMIENTO DE CARGAS - TRASERO</b>
<b>B727-100 Carguero</b>	19.000 Kilogramos c/ 96 m <sup>3</sup>		
<b>DC10-30 Carguero</b>	70.000 Kilogramos c/ 453 m <sup>3</sup>	05 Paletas P1	5 Paletas PLA
<b>B747-200 Carguero</b>	100.000 Kilogramos c/ 750 m <sup>3</sup>	05 Paletas P1/P6	4 Paletas P1/P6
<b>B767-200</b>	13.000 Kilogramos c/ 36m <sup>3</sup>	03 Paletas P1/P6	5 Posiciones de Contenedores LD8, o 10 de LD2 Contenedores
<b>B767-300</b>	18.130 Kilogramos c/ 40 m <sup>3</sup>	04 Paletas P1/P6	7 Posiciones de Contenedores LD8, o 14 de LD2
<b>DC10-30</b>	21.130 Kilogramos c/ 50 m <sup>3</sup>	05 Paletas P1	5 Posiciones de Contenedores LD11 o 10 de LD3
<b>B747-300 Full Pax</b>	25.590 Kilogramos c/ 50 m <sup>3</sup>	05 Paletas P1	7 Posiciones de Contenedores LD11 o 14 de LD3
<b>B747-300 Combi</b>	52.030 Kilogramos c/ 176 m <sup>3</sup>	05 Paletas P1/P6	7 Posiciones de Contenedores LD11 o 14 de LD3
<b>MD-11</b>	22.425 Kilogramos c/ 72m <sup>3</sup>	06 Paletas P1/ P6	7 Posiciones de Contenedores LD11 o 14 de LD3
<b>B737-200/300 (Avión no Paletizado)</b>	1500 Kilogramos c/ 7m <sup>3</sup>		

## TIPOS DE AVIONES DE CARGA

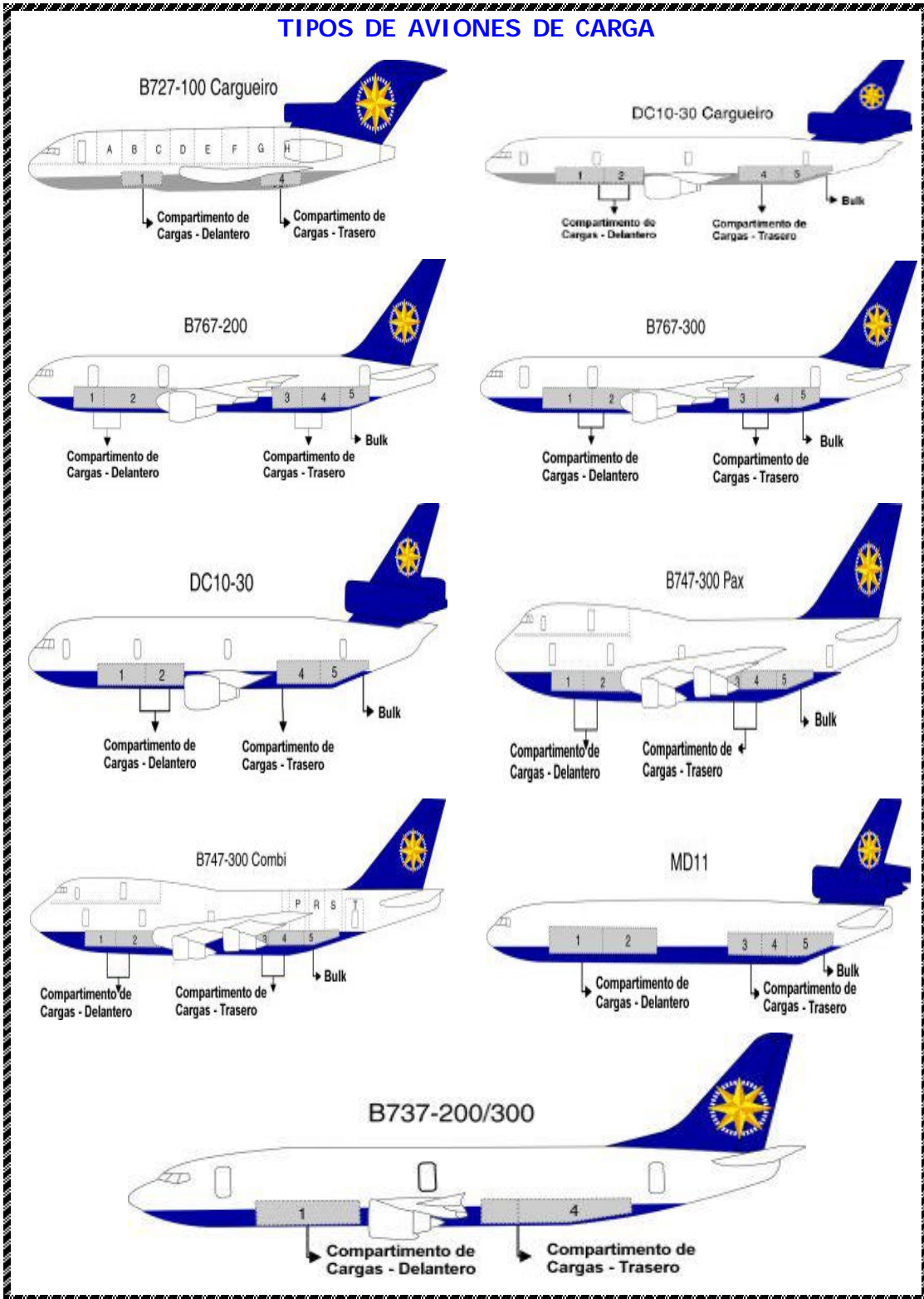


Figura 15. Tipos de Aviones de Carga

Existen diversos tipos tarimas o paletas, aprobadas y utilizadas por las empresas aéreas, fabricados con duraluminio, y que permiten el transporte de diversos tipos de carga. En el cuadro 14, se presentan seis tipos y en la figura 16, se presentan dos representaciones graficas.

**Cuadro 14. Especificaciones de la Tarimas**

<b>TIPOS DE TARIMA (CÓDIGO IATA)</b>	<b>PESO MÁXIMO</b>	<b>ÁREA TOTAL</b>	<b>ÁREA ÚTIL</b>	<b>AVIONES QUE UTILIZAN ESTAS TARIMAS</b>
<b>P1 (P1P)</b>	6.804 Kilogramos	3,18 X 2,24 metros	2,98 X 2,04 metros	B727 Cgo, B767, DC10, Pax/Cgo, B747 y MD11
<b>P6 (PMC)</b>	6.804 Kilogramos	3,18 X 2,24 metros	2,98 X 2,04 metros	DC10 Cgo, B767, B747 y MD11
<b>P7 (PGA)</b>	13.608 Kilogramos	6,06 X 2,44 metros	5,92 X 2,24 metros	DC10 Cgo, B747 Combi y Cgo
<b>P9 (PLA/ FLA)</b>	3.175 Kilogramos	3,18 X 1,53 metros	2,98 X 1,33 metros	DC10 Pax/ Cgo, B747 y MD11
<b>FOA</b>	3.175 Kilogramos	2,43 X 1,33 metros	2,23 X 1,33 metros	B767-300
<b>16FT (PRA)</b>	11.340 Kilogramos	4,97 X 2,43 metros	4,77 X 2,23 metros	B747 Combi y DC10 Cgo



**Figura 16. Tipos de Tarimas para la Aviación**

De igual forma, existen diversos tipos de contenedores, construidos en aluminio resistente o en fibra, con diferentes dimensiones para permitir la ocupación más racional posible de su carga. En el cuadro 15, se presentan cinco tipos, en la figura 17, se presentan las representaciones graficas de estos contenedores.

**Cuadro 15. Especificaciones de los Contenedores**

TIPOS	PESO MÁXIMO	ÁREA TOTAL	ÁREA ÚTIL	AVIONES QUE UTILIZAN ESTE CONTENEDOR
<b>LD 2 (DPA)</b>	1225 Kilogramos	1,19 X 1,53 X 1,62 metros	1,11 X 1,45 X 1,56 metros	B 767
<b>LD 3 (AKE)</b>	1588 Kilogramos	1,56 X 1,53 X 1,62 metros	1,48 X 1,47 X 1,56 metros	B 767, DC10 Pax/Cgo, MD11 y B747
<b>LD 8 (DQF)</b>	2450 Kilogramos	2,43 X 1,53 X 1,62 metros	2,35 X 1,45 X 1,56 metros	B 767
<b>LD11/ LD21 (ALP/ AWN)</b>	3175 Kilogramos	3,18 X 1,53 X 1,62 metros	3,10 X 1,47 X 1,56 metros	DC10 Pax/ Cgo, MD11 y B747
<b>AQ6 (AQA)</b>	6804 Kilogramos	3,18 X 2,44 X 2,44 metros	3,08 X 2,34 X 2,44 metros	B 747 Combi

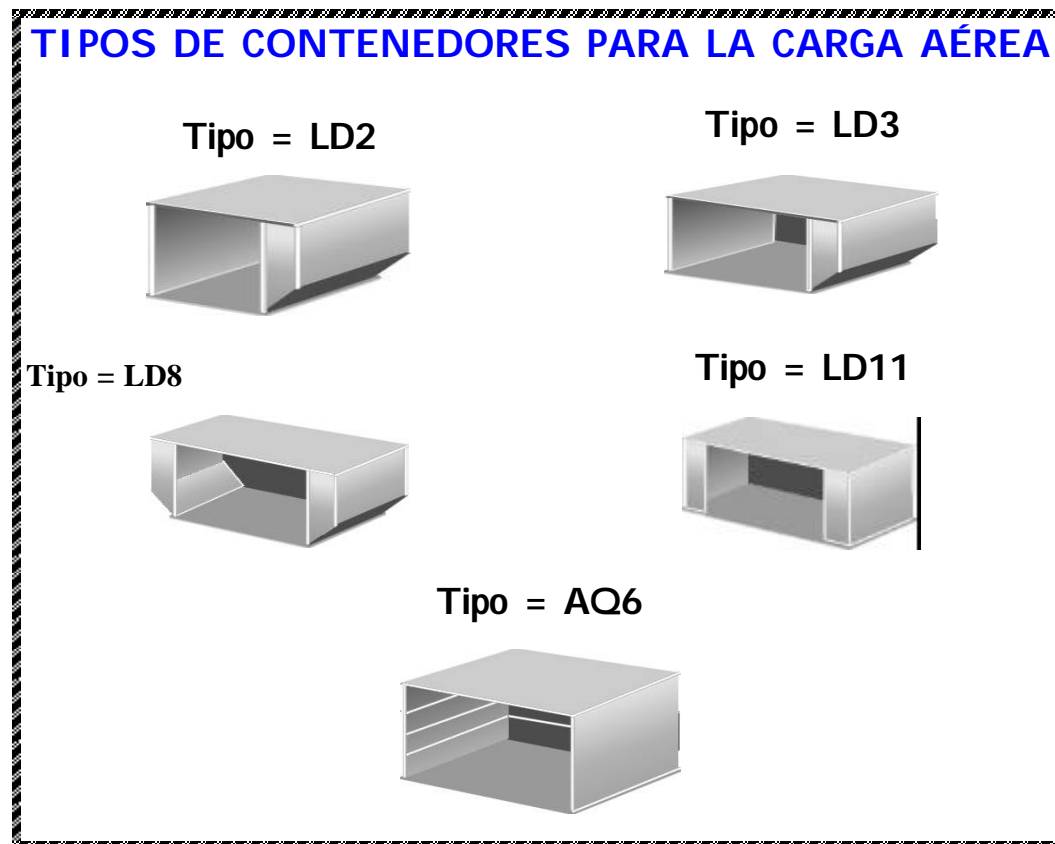


Figura 17. Tipos de Contenedores para la Carga Aérea

#### Tarifas y Fletes del Transporte Aéreo

Elementos Básicos en la determinación del flete. Normalmente los fletes se calculan teniendo en cuenta el peso, volumen y la distancia. Sin embargo, se deben considerar otros puntos como son: La cantidad y el género de la demanda por servicios de transporte y los servicios ofrecidos, la situación competitiva, la estructura económica de la región, entre otros.

**3.4.3 Términos INCOTERMS.** Los términos INCOTERMS son clausuras que especifican la forma de envío de la mercancía, existe distintas e innumerables formas de envío. En la figura 18, se muestran algunos de estos términos. En la figura 19, se esquematizan algunos de ellos.

TERMINOS	RESPONSABILIDAD DE CARGA	COSTOS ASUMIDOS POR EL VENDEDOR
<b>EX - WORK FREIGHT CARRIAGE PAID TO FOT - FOR FAS FOB</b>	En fábrica Al primer transportador Cargada sobre tren ó camión que lleve mercancía a puerto Al lado del barco. Puerto despacho A bordo del barco. Puerto despacho	Transporte a tren ó camión Transporte a tren ó camión. Cargue tren ó camión Transporte hasta barco Transporte hasta barco. Cargue de barco
<b>C &amp; F</b>	A bordo del barco. Puerto despacho	Transporte hasta barco. Cargue de barco. Flete marítimo
<b>CIF</b>	A bordo del barco. Puerto despacho	Transporte hasta barco. Cargue de barco. Flete marítimo. Seguro marítimo
<b>EX - SHIP</b>	A bordo del barco. Puerto destino	Transporte a puerto destino Transporte a puerto destino.
<b>EX - QUAY</b>	En el muelle del puerto destino	Descargue buque. Tramite de nacionalización (puede ser pactado)



Figura 18. Términos INCOTERMS

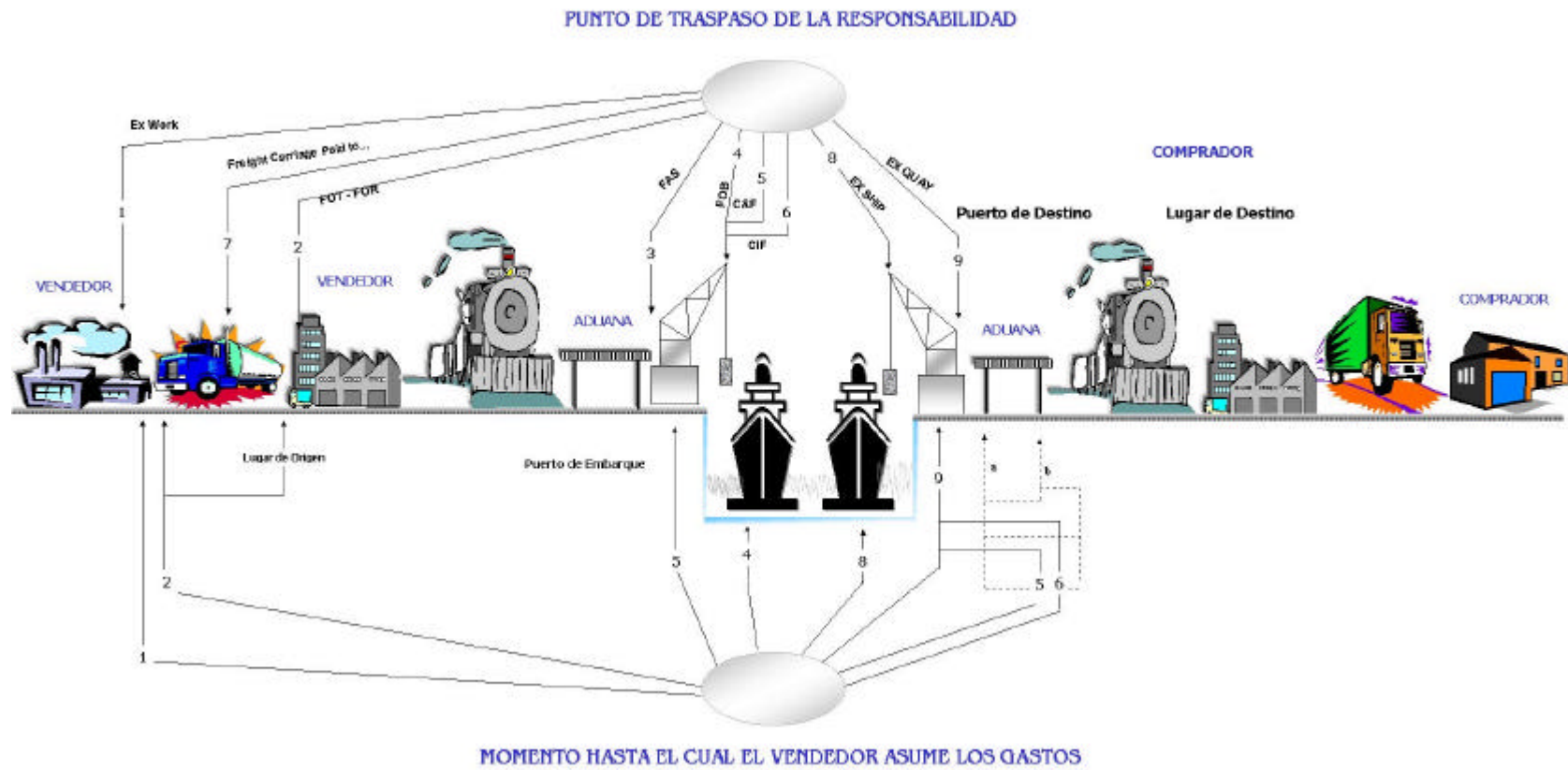


Figura 19. Esquematzación de los Tramites de Envío


**3.4.4 Transporte de Mercancía Peligrosa.** El ministerio de Transporte ha propuesto llevar a cabo un amplio programa que permita asegurar de cierta manera, que la movilización de productos considerados internacionalmente peligroso por el potencial de daño que puedan ocasionar a la población y al medio ambiente se realice en condiciones tales que minimicen los riesgos de accidentes y por consiguiente de contaminación. Este programa consta de los siguientes elementos (ver figura 20):

- Normalización técnica.
- Reglamentación del transporte.
- Sistema de control y vigilancia.
- Campañas educativas de disuasión y concientización (ver figura 23).

**3.4.4.1 Normalización Técnica.** Como es fundamental para cualquier reglamento técnico contar con un soporte suministrado por un proceso de normalización el cual se esta desarrollando a partir de 1.996 a través del Comité Técnico 710001 del ICONTEC, en el cual se elaboran normas técnicas para siete grupos de mercancías peligrosas.

Las normas deben contener las especificaciones mínimas que deben cumplir tanto el producto como: el empaque, el embalaje y el vehículo para minimizar el riesgo de accidentes y por ende de contaminación con los consecuentes perjuicios a la comunidad y el medio ambiente.

**3.4.4.2 Reglamentación del Transporte.** Los elementos de la reglamentación son los siguientes:

-  Contenido técnico referente a disposición de la carga en el vehículo y requisitos mínimos que debe cumplir el equipo y el conductor.



+ Fronteras de responsabilidad entre el remitente, la empresa transportadora, el conductor y el destinatario de la carga.

+ Sanciones en el caso de incumplimiento de lo establecido en el reglamento.

**3.4.4.3 Sistema de Control y Vigilancia.** Para garantizar la operación segura del transporte de mercancía peligrosa en Colombia, y contando con la reglamentación correspondiente el Ministerio de Transporte debe implementar toda la infraestructura logística para realizar el control y verificar el cumplimiento de las normas establecidas.

El sistema de control y vigilancia cuenta con dos elementos fundamentales que son: el registro y la verificación.

+ Registro: Para poder ejercer labores de seguimiento y control en la infraestructura vial nacional, se debe contar con unos registros tanto la empresa como vehículos y conductores que sirvan de verificación en los operativos de control mediante un sistema de información que permita la contrastación de datos en cualquier nivel (ver figura 21).

+ Control: Para garantizar el cumplimiento de la norma se debe establecer operativos de inspección en las vías nacionales, en los cuales se verificarán todos los requisitos y condiciones que debe cumplir la carga, el vehículo y el conductor establecidos en el reglamento (ver figura 22).

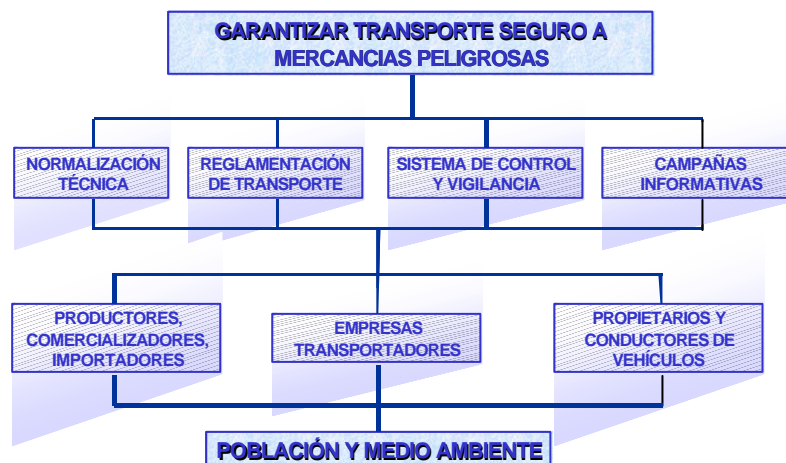


Figura 20. Transporte de Mercancía Peligrosa

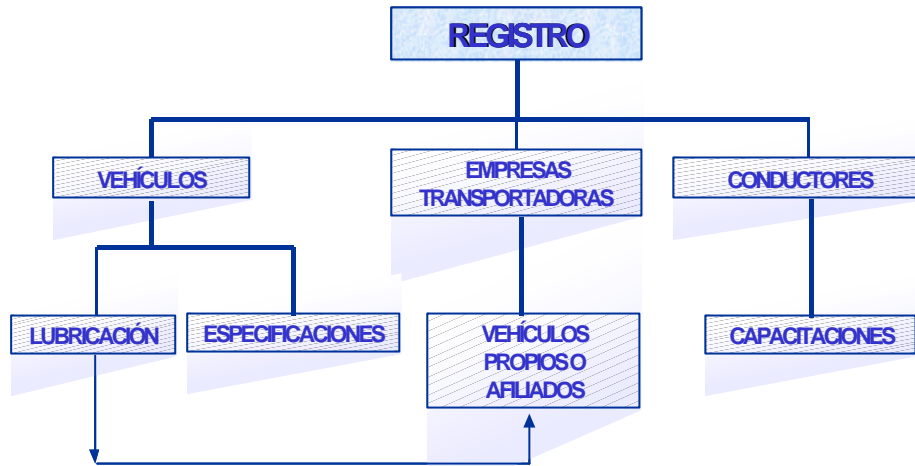


Figura 21. Sistema de Control y Vigilancia (Registro)

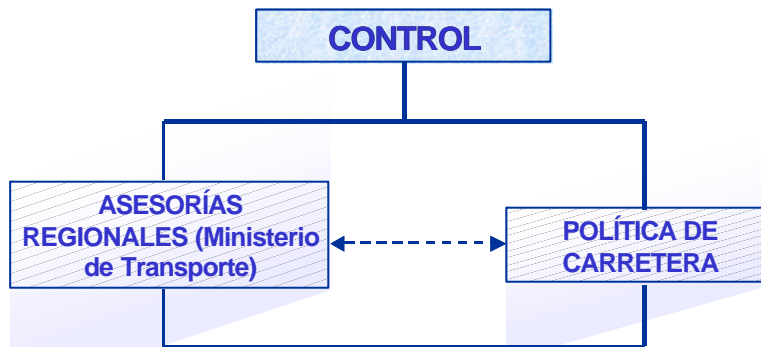
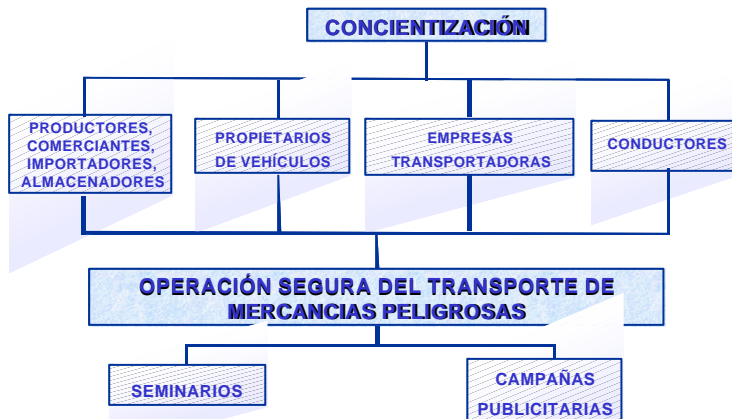
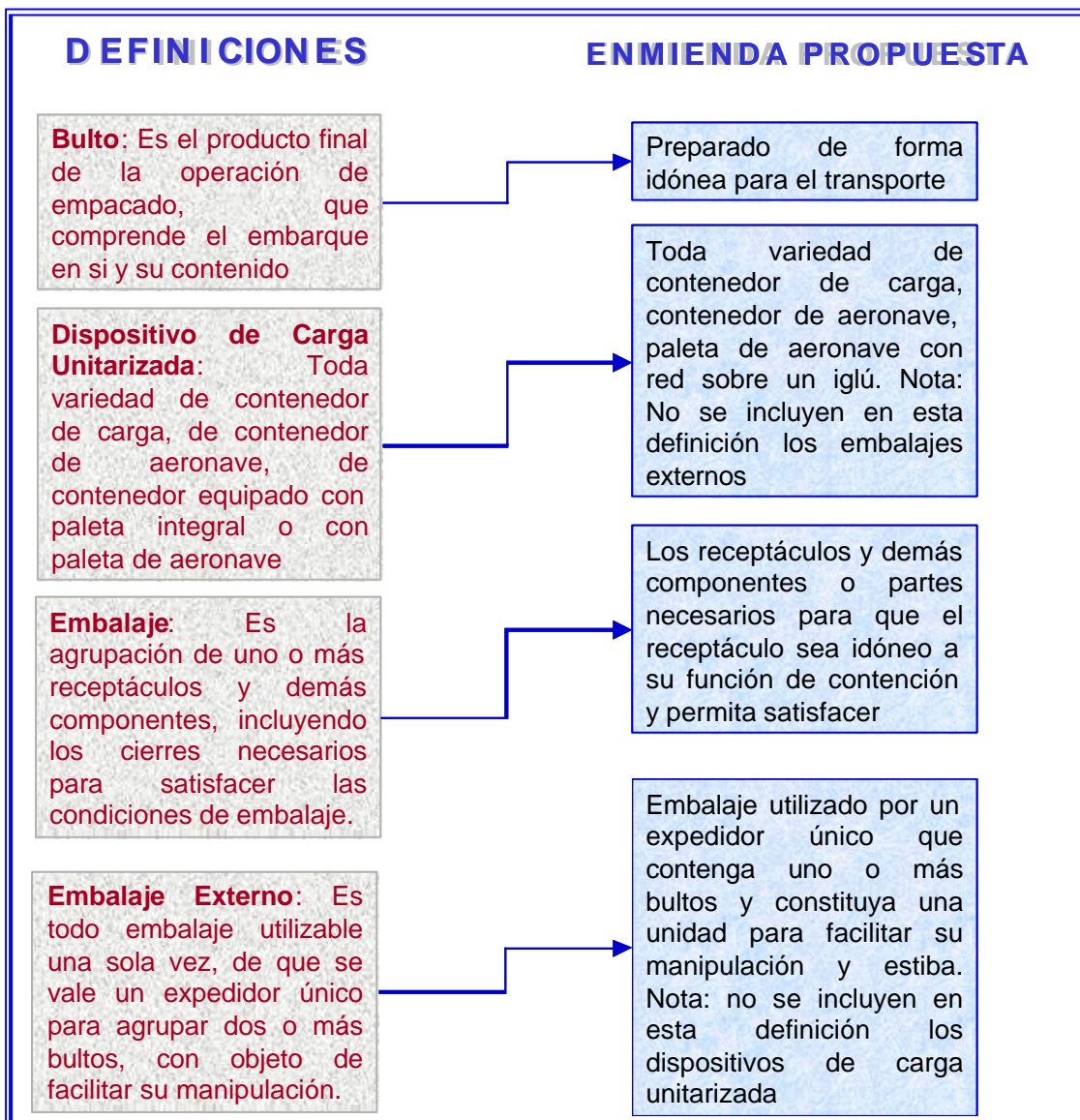


Figura 22. Sistema de Control y Vigilancia (Control )







**Figura 23. Campañas de Disuasión y Concientización**

**3.4.4.4. Transporte sin riesgos de Mercancía por Vía Aérea.** A modo de ejemplo se mostrará algunos de las normas y métodos recomendados internacionalmente para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea. En la figura 24, se presenta algunas definiciones que ofrece la enmienda adoptada por el Consejo de la OACI (Organización de aviación Civil Internacional) el 1º de junio de 1.983.



**Figura 24. Definiciones de la Enmienda Adoptada por el Consejo de la OACI**

Algunas de las normas que adopta esta enmienda son las siguientes:

-  Transporte de Superficies: Los Estados deberían adoptar disposiciones para permitir que las mercancías peligrosas destinadas a su transporte por vía aérea y preparada con arreglo a las Instrucciones Técnicas de la OACI sean aceptadas para su transporte por medio de superficies hacia y desde los aeródromos.
-  Embalaje: Los recipientes interiores se embalarán, afianzarán o protegerán contra choques, para impedir su ruptura o derrame y controlar su movimiento dentro del embalaje o embalajes exteriores, en las condiciones normales de transporte aéreo. El material de relleno y absorbente no deberá peligrosamente con el contenido de los recipientes.
-  Etiquetas Prohibidas: Los bultos que contengan mercancías líquidas peligrosas llevarán flechas marcadas exteriormente para indicar únicamente la posición apropiada en que se ha de colocar el bulto. Además de las etiquetas indicadoras de la posición relativa del bulto prevista en las Instrucciones Técnicas, está permitido fijar impresas de antemano, indicadoras asimismo de la posición del bulto, que satisfaga la Norma R 780 – 196S de la ISO, con tal que ambas indiquen la misma posición, en cuanto a la colocación o estiba, del receptáculo interno.
-  Información sobre el Piloto al mando: El explotador de toda nave en la cual haya que transportar mercancía peligrosa, proporcionará al piloto a mand, antes de la salida de la aeronave y por escrito, la información prevista en las Instrucciones Técnicas.

## RESUMEN

Uno de los procedimientos de gran importancia durante el subproceso de ejecución en el proceso de compra, es el de realizar la selección y los tramites referentes al transporte externo de sus productos o materiales, ya sea este a nivel nacional o internacional, durante el desarrollo del este capitulo se tocaron los siguientes temas:

Historia del transporte en Colombia, aquí se profundizo más que todo en dos modos de transporte el Fluvial y el Marítimo, debido a que estos en cierta forma marcaron una pauta en el desarrollo económico del país.

Actividades que se llevan a cabo en el Tráfico y Transporte de los materiales, se resumen en: seleccionar el tipo de transporte, buscar y negociar las mejores ofertas, trazar las rutas, ordenar y dirigir las expediciones, negociar las reclamaciones por perdidas y daños, y comprobar las facturas de porte.

Información sobre el transporte en Colombia, se presentaron las diversas dependencias que regulan los diferentes modos de transporte en Colombia y las normas que los regulan. Se profundizo en tres modos de transporte como son el marítimo, el carretero y el aéreo, ya que estos son los más utilizados. En cada uno de ellos se tocaron los temas sobre las tarifas, los aspectos normativos, documentación, entre otros.

Además, se trato sobre el transporte de mercancía peligrosas, las políticas generales de seguridad que el Mnisterio de Transporte de Colombia presentó; y como ejemplo se profundizó en el transporte aéreo de mercancía peligrosa, las normas a seguir para la utilización de este medio.

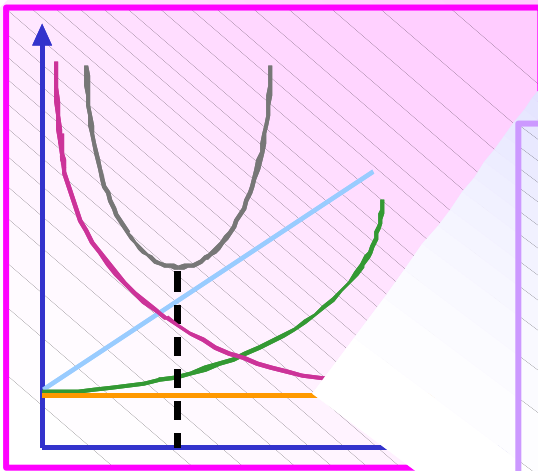
## CUESTIONARIO

1. ¿Qué modos de transporte existen?
2. ¿En que consiste la cláusula de Libre A Bordo?
3. ¿Qué aspectos determinan la variación de las tarifa establecidas?
4. ¿Cuál es la dependencia encarga de ejecutar las políticas del Gobierno en materia marítima en Colombia?
5. ¿Qué elementos hay que tener en cuenta en la evaluación de costo y tiempo en el transporte de los materiales?
6. ¿Cuáles son los factores que influyen en la tarifa del transporte?

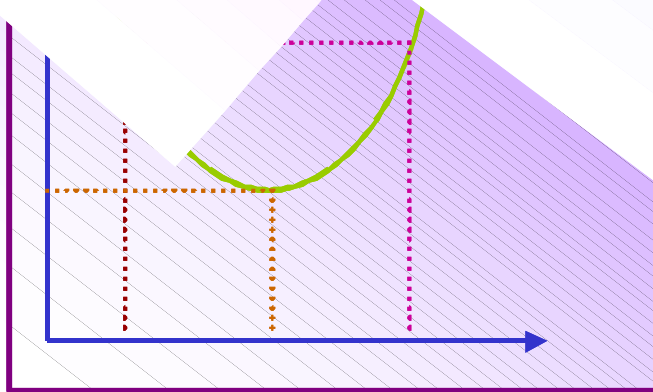
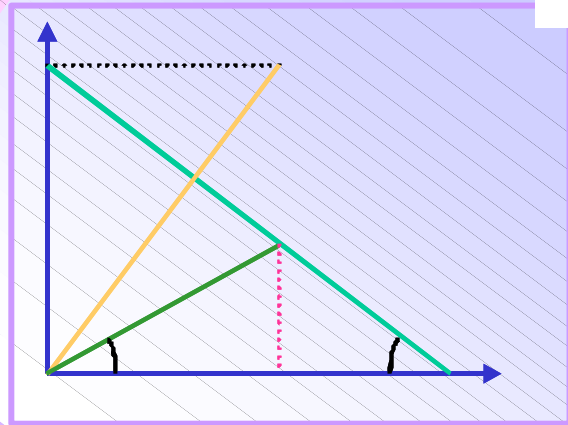
# CAPITULO 4

Proceso de...

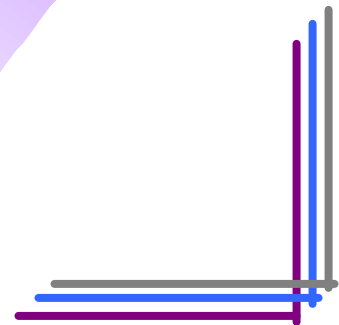
ADMINISTRACIÓN



Y CONTROL



DE LOS INVENTARIOS



## **OBJETIVO**

Dar a conocer al estudiante, la incidencia positiva de una buena gestión y control de los inventarios en los activos circulantes de la empresa, proporcionarles los diferentes tipos de modelos y sistemas de inventario, (lograr que los diferencien, mediante el desarrollo de ejercicios aplicación) y crear conciencia en el estudiante sobre la importancia que tiene el proceso de administración y control de los inventarios en la cadena de abastecimiento y en los planes de inversión de la organización.



## 4. PROCESO DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LOS INVENTARIOS

### 4.1 INTRODUCCIÓN

El control de inventarios es uno de los procesos más complejos de la organización, ya que a menudo enfrenta intereses y consideraciones en conflictos por las múltiples incertidumbres que éste encierra.

Su planeación y ejecución implica la participación activa de varios segmentos de la organización, como ventas, finanzas, compras, producción, almacén y mantenimiento. Su resultado final tiene gran trascendencia en la posición financiera y competitiva, puesto que, los inventarios, representan en término medio, una de las inversiones más importantes de la empresa con relación a las restantes partidas de su activo, los inventarios aparecen en el activo de la empresa dentro de la partida del activo circulante; por tanto las existencias constituyen un activo circulante crítico para la mayor parte de las empresas, que debe ser cuidadosamente planificado y controlado por las repercusiones que puede tener para la rentabilidad, liquidez y fiscalidad de la empresa.

En razón de lo anterior es el propósito de este capítulo interiorizar y desarrollar todos los conceptos y metodologías disponibles para el éxito de esta gestión. En este orden de ideas comenzaremos por dar respuesta a los siguientes interrogantes (ver figura 25):

- ¿Que es un sistema de control de inventarios?
- ¿ Para que sirve?
- ¿ Cómo llevarse a cabo?
- ¿ Cuándo es necesario?
- ¿Dónde se necesita?



Figura 25. Introducción al Proceso de Administración y Control de Inventarios

#### 4.2 DEFINICIÓN

Entendemos por *inventario* la existencia de productos físicos que se conservan en un lugar y en un momento determinado (ver figura 26), con el fin de servir de amortiguador al proceso productivo de la organización. El proceso de administración y control de los inventarios, se define como la forma o las estrategias a utilizar para lograr que se mantengan los niveles óptimos de los inventarios requeridos por el proceso productivo de la organización o las necesidades definidas por los clientes.

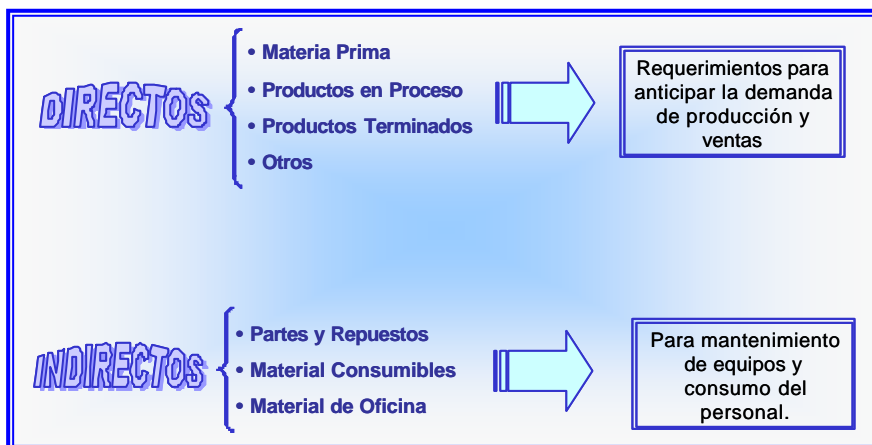


Figura 26. Clasificación de los Materiales

Este proceso, esta constituido por un conjunto de subprocesos operativos de Planeación, Programación, Ejecución y Control que permiten: la clasificación, calificación y asignación de parámetros de reposición del inventario con el fin de mantener niveles óptimos de existencias (ver figura 27).

Así mismo este proceso es el encargado de realizar tareas operacionales como :

- Grabar todos los movimientos (entradas y salidas)
- Conocer el estado del inventario permanente
- Vigilar permanentemente el nivel de los inventarios y compararlo en los puntos de pedido o fabricación
- Comprobar la procedencia de un pedido
- Reservar los artículos asignados a un pedido
- Administrar de acuerdo con los servicios comerciales, las entregas parciales
- Administrar, los restos que van a quedar
- Ayudar a elegir la fuente de abastecimiento y realizar los pedidos
- Elegir el tipo de inventario que se efectuará, sobre qué referencias, en qué fecha (inventario en movimiento), y dar las instrucciones pertinentes a la gestión del almacén para lanzar las operaciones de recuento.



**Figura 27. Proceso de Administración y Control de Inventarios**

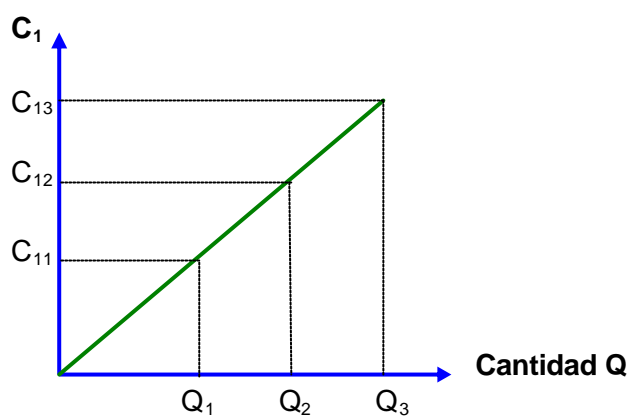
### 4.3 COSTOS RELACIONADOS CON EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LOS INVENTARIOS

En el manejo de los inventarios, los costos representan los desembolsos de dinero por gastos o consumos, o las oportunidades no aprovechadas de una inversión (de obtener ganancias). En la figura 28, se presentan los tres grupos básicos de los costos por el manejo del inventario.



**Figura 28. Costos de Manejo de Inventarios**

- a. **Costo de Almacenamiento ( $C_1$ ):** Los costos de almacenamiento se refieren a los costos que se incurren en el almacenamiento, protección y preservación, aseguramiento y otros rubros, de los niveles del inventario óptimos de cada uno de los productos o materiales que lo integran. Estos costos se incrementan o varían según el número de unidades de cada producto que se mantenga en el almacén (ver figura 29). En la mayoría de las ocasiones este se calcula como un porcentaje del costo de adquisición para repuestos e insumos o precio de venta para los productos.



**Figura 29. Gráfico del Costo de Almacenamiento**

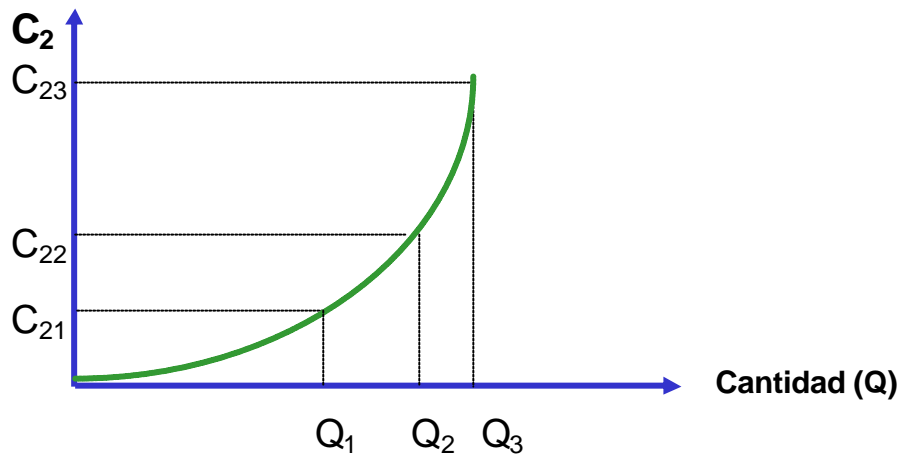
Los costos que se ven afectados por el nivel de inventario son los que se muestran en el cuadro 16.

**Cuadro 16. Costos de Almacenamiento**

<b>COSTES ASOCIADOS CON EL ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONCEPTOS</b>
<b>Costo de Capital</b>	Costo en que se incurre al mantener inmovilizado en inventario el capital correspondiente, en vez de invertirlo.
<b>Costo de obsolescencia</b>	Los cambios en el entorno (avances tecnológicos, cambios de los gustos del consumidor) hacen que el artículo que se encuentra almacenado pierda su valor, lo que genera costos por su difícil salida al mercado.
<b>Costo de Bodegaje</b>	El mantenimiento de inventarios, implica la necesidad de disponer de almacenes, con su personal correspondiente, equipo de manejo de materiales, alquiler de espacio para almacenaje. El porcentaje suele estar entre el 0 y el 10%.
<b>Costo de Deterioro, Robos o Desperfectos</b>	Estos suelen presentarse la mayoría de las veces por falta de rotación del artículo, por factores ambientales (polvo, temperatura, humedad, entre otros) que afectan de una u otra forma a éste o por falta de seguridad en el área de almacenamiento.
<b>Costo de Impuestos y Seguros</b>	Costos que varían con el nivel de stock, tales como son las pólizas de seguros, impuestos que los graven, igualmente los impuestos patrimoniales.
<b>Costos Indirecto</b>	Estos costos son los que se asignan al almacén como parte del funcionamiento de este, aunque estos no causen directamente en el mismo. Ejemplo, el departamento de mantenimiento.
<b>Costo de Vigilancia y Administración</b>	Son todos aquellos costos por sueldo, primas, horas extras, bonificaciones, cesantías, entre otros, que se pagan al personal del almacén.
<b>Costo de Equipo de Oficina</b>	Es la depreciación de las maquinas, muebles, entre otros elementos indispensables para el buen funcionamiento del almacén.
<b>Costos de</b>	También llamado costo de transporte interno, este costo encierra la

<b>Manipulación</b>	depreciación de los equipos de movilización de mercancía y la mano de obra dedicada a su manejo dentro del almacén
---------------------	--

**b. Costo de Penalización o Agotamiento ( $C_2$ ):** Es el costo en el que se incurre cuando no se pueden atender a la demanda debido a que cuando esta se presenta, no hay disponibilidad de existencias en el almacén, situación que se denomina *rotura de stock*. (Ver figura 30)



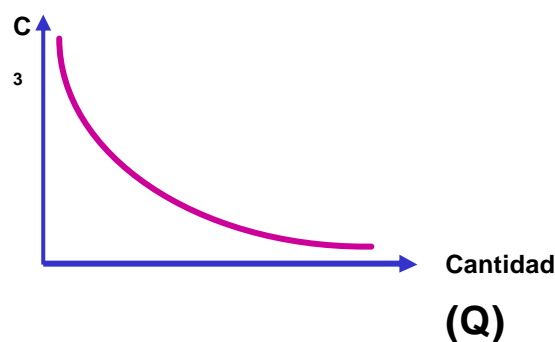
**Figura 30. Gráfico del Costo de Penalización o Agotamiento**

Estos costos son difíciles de precisar y en ocasiones ante la no confiabilidad del proceso, presionan a las empresas a mantener una cantidad mayor de inventario se seguridad al requerido (o amortiguador). En el cuadro 17, se muestran los diferentes costos asociados con el agotamiento.

**Cuadro 17. Costos de Penalización o Agotamiento**

<b>COSTOS ASOCIADOS CON EL AGOTAMIENTO</b>	<b>CONCEPTOS</b>
<b>Costo de Insatisfacción del Cliente</b>	Se produce cuando los pedidos de clientes llegados en un momento en el que no hay existencias son retrasados para ser atendidos en el primer momento en que haya existencias en el almacén el coste asociado a esta demanda lo denominaremos <i>Costo de Carencia</i>
<b>Costos por Pérdida de Producción</b>	Se produce cuando los pedidos de clientes llegados en un momento en el que no hay existencias, se pierden definitivamente, el coste asociado a esta demanda se denomina <i>Coste de Rotura</i> , que definiríamos como el costo de no atender a la demanda y por tanto perderla

- c. **Costo de Reposición ( $C_3$ ):** Es el costo que se origina cada vez que se efectúa un pedido de un artículo o una orden de producción (ver figura 31). Es el correspondiente a los costos de preparación de pedidos para artículos manufacturados en la propia empresa, ya que cuando se lanza una orden de un lote de productos a fabricación, se incurre en costos administrativos de preparación de la orden, quizás en planificación y métodos, en la puesta a punto de las máquinas que han de procesarla; y los de las pérdidas de materiales que suelen ser comunes a la fabricación de las primeras unidades de un lote.



**Figura 31. Gráfico del Costo de Reposición**

En el cuadro 18, se muestran los diferentes costos asociados con la reposición.

**Cuadro 18. Costos de Reposición**

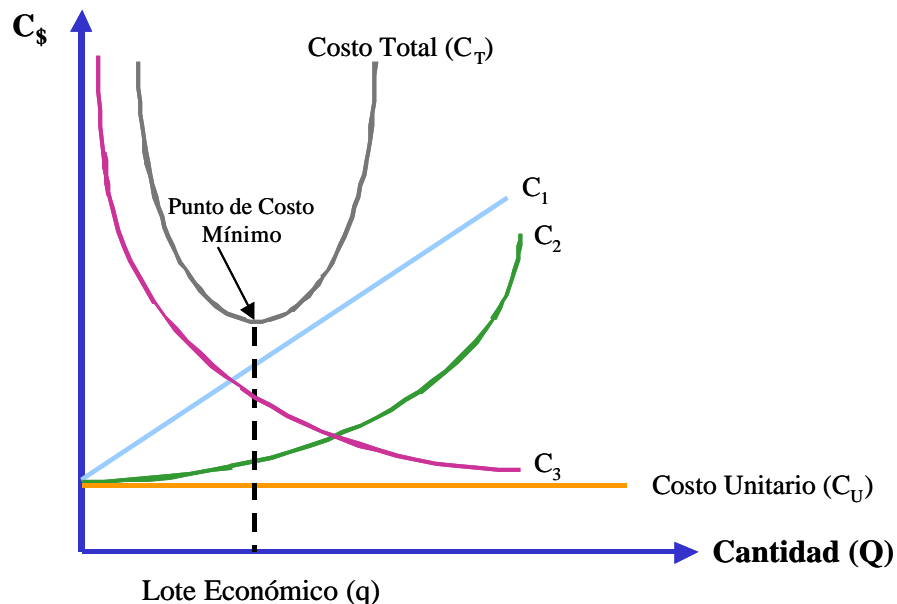
COSTOS ASOCIADOS CON LA REPOSICIÓN	CONCEPTOS
Costo de lanzamiento de pedido	Es la parte de coste fijo asociado a toda orden de pedido. Cuando se realiza un pedido se requiere un trabajo administrativo de correspondencia, llamadas telefónicas, preparación de facturas y otro de recepción del producto, su inspección y depósito en zonas de almacén correspondiente
Costo del Comité de Compra	Esta compuesto por el salario de las personas que intervienen en el tramite de reposición.
Costo de Recolección	Son los gastos incurridos por los acarreos, seguros de viajes, entre otros. Estos son debido a las compras realizadas fuera de la ciudad o las de importación.
Costos por Pagos de Facturas	Este costo implica todos los tramites y el papeleo necesario que se realiza antes de entregarse el pago al proveedor.

- d. **Costo Total del Control de Inventario ( $C_T$ ):** Este costo es la suma de los tres costos mencionados anteriormente, además del costo capital, el cual representa la parte variable del coste de aprovisionamiento, ya que depende de la cantidad del artículo que se compra, se define como el resultado de multiplicar el valor unitario del artículo por el número de artículos de que consta el pedido. Por lo que el costo total será igual a:

***COSTO TOTAL = COSTO DE ALMACENAMIENTO + COSTO DE AGOTAMIENTO + COSTO DE REPOSICIÓN + COSTO CAPITAL***

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_{ur}$$

En la figura 32, se muestra la gráfica del costo total del control de inventario y en el ejemplo No. 1 se presenta un ejercicio de aplicación referente a estos.



**Figura 32. Grafico del Costo Total del Control de Inventario**



### Ejercicio 4.1

El almacén de la compañía ABC no disponía de la información necesaria para poder calcular sus costos; usted estuvo en el departamento de contabilidad y costos, y obtuvo la siguiente información, el funcionamiento y tramites seguidos para efectuar compras menores a \$5000 de artículos corrientes era sencillo. Esta decisión se tomaba en la sección de compras que funcionaba independientemente del almacén. Para decidir las compras mayores de \$5000 era necesario recurrir al comité de compras, y para las compras de ciertos equipos especiales se debería reunir el comité técnico.

Resumiendo existían:

- a. Dos comités que decidirían las compras
  - b. Una sección de compras que decida las compras menores de \$5000 y que tramita todas las compras.
  - c. Una sección de almacén que recibe, inspecciones, almacenes y despacho de los materiales.
- Funcionamiento del comité de compras: efectúa tres reuniones al mes, y toman tres horas por reunión y su capacidad es de decidir sobre 25 ítems por reunión. Lo integran: Henao, Morales, Cortés, Sepúlveda, Corrales y Sarmiento. Los sueldos respectivos son de: 30, 25, 28, 25, 29 y 20 dólares por hora.
  - Funcionamiento del comité técnico: se reúnen dos veces por mes y cada reunión toma tres horas y alcanzan a decidir 35 ítems. Está integrado por: Henao, Morales, Cortés, Corrales, Sarmiento, López y Mesa. Los dos últimos con sueldo de 18 y 15 dólares por hora.

- Funcionamiento de la sección de compras: lamentablemente el departamento de contabilidad no tenía los datos de la sección de compras por separado, sin embargo, se consiguieron los salarios y los nombres de las personas que trabajan en la sección de compras: Corrales 2200, Mesa 3600, Serrano 1900, Sánchez 2000, Torres 2000.
  
- Las importaciones son muy pocas alrededor de 50 items por año, estas se deciden en el comité técnico y Serrano es el encargado dentro de la sección de compras de realizar todos los tramites de importaciones, esto le toma el 100% de su trabajo.
  
- Sección de almacén: Tiene los siguientes costos:

Sueldo 470.000 dólares por año

Prima de transporte 7000 dólares por año

Subsidio familiar 64000 dólares por año

Primas de vacaciones 7000 dólares por año

Primas de natalidad 2000 dólares por año

Auxilio de anteojos 1000 dólares por año

Prestaciones extralegales 2000 dólares por año

Aporte de la empresa a seguro social 26000 dólares por año

Uniforme 2000 dólares por año

Auxilio hospitalario 2000 dólares por año

Prima de servicios 63000 dólares por año

Beca de estudios 1000 dólares por año

Depreciación del local 1400 dólares por año

Papelería 6000 dólares por año

Aseo y materiales varios 3000 dólares por año

Mantenimiento de equipos 1000 dólares por año

Reparación del local 7000 dólares por año

Seguros 10.000 dólares por año

Mantenimiento de vehículos 3000 dólares por año

El jefe de contabilidad también dejó que los cargos indirectos aplicados al almacén son de 25000 dólares por mes y los indirectos para la sección de compras son de 3000 dólares por mes. El almacén maneja aproximadamente 10,000 ítems y cuesta 10 millones de dólares, esta mercancía está financiada 50% con capital propio y 50% prestado de la banca, como el interés bancario es de 14% anual y los accionistas de la empresa consideran que el capital debe rendir el 2% mensual. El año pasado hubo la necesidad de votar y regalar 50.000 dólares en mercancía por daño, deterioro y obsolescencia.

El índice de rotación del almacén es de 4 veces al año. Con esta información usted se dispone a calcular los costos de almacenamiento y reposición.

DESARROLLO: Se comienza con la consecución de los costos de cada departamento y comité.

a) Comité de Compras:

$(3 \text{ reuniones / mes})(12 \text{ mes / año}) = 36 \text{ reuniones / año}$

Salarios Total:  $30 + 25 + 28 + 25 + 29 + 20 = 157 \text{ dólares / hora}$

157 dólares / hora

3 horas / reunión

25 ítems / reunión

$$\left(157 \frac{\text{dólares}}{\text{hora}}\right) \left(3 \frac{\text{horas}}{\text{reunión}}\right) \left(\frac{1 \text{ reunión}}{25 \text{ ítems}}\right) = 18,84 \text{ dólares / ítems}$$

b) Comité Técnico:

$(2 \text{ reuniones / mes})(12 \text{ mes / año}) = 24 \text{ reuniones / año}$

Salario Total:  $30 + 25 + 28 + 29 + 20 + 18 + 15 = 165 \text{ dólares / hora}$

165 dólares / hora

2 horas / reunión

35 ítems / reunión

$$(165\text{dolares/hora})(2\text{horas/reunión})(1\text{reunión}/35\text{items})=14,14\text{dolares/ items}$$

c) Departamento de Compra:

$$\text{Salario Total: } (2.200 + 3.600 + 2.000 + 2.000)(1.5) = 14.700 \text{ dólares / mes}$$

Cabe notar que Serrano no es incluido ya que este gasta el 100% en importaciones. El 1.5 equivale a las prestaciones estas son el 50%.

$$(14.700\text{dolares/mes})(1\text{reunión}/40.000\text{items})=5,31\text{dolares/ items}$$

d) Importaciones:

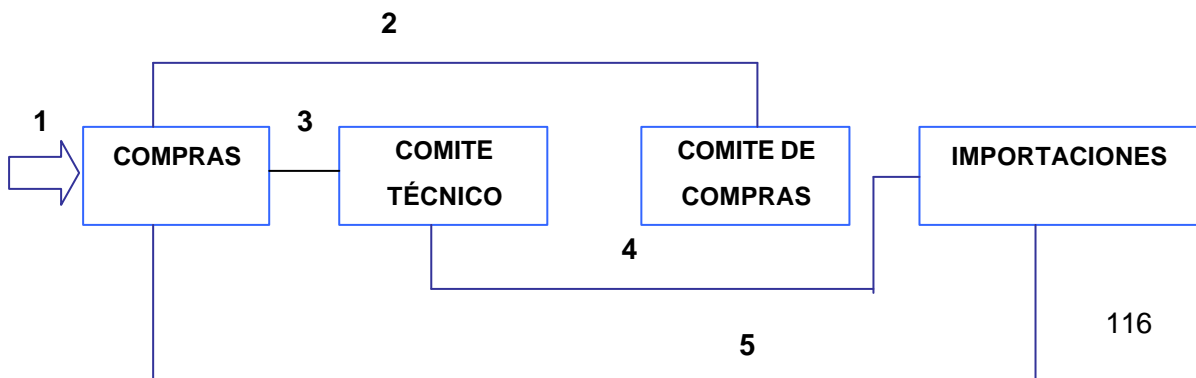
$$(14,14\text{dolares/items})(50\text{items/año})=707\text{dolares/año}$$

$$(1.900\text{dolares/mes})(12\text{meses/año})(1.5)=34.200\text{dolares/año}$$

$$(34.200\text{dolares/año})(1\text{año}/50\text{items})=684\text{dolares/ items}$$

Teniendo todos los costos calculado, procedemos a hallar los costos de almacenamiento y reposición.

**Costo de reposición:** En este costo interviene el comité técnico, el comité de compras, las importaciones y lógicamente el departamento de compras. (ver figura 33)



**Figura 33. Ilustración del Costo de Reposición**

684 dólares/items + 14,14 dólares/items = 698,14 dólares/items	} <b>Costo Reposición 741.74</b>
5.31 dólares/items + 14.14 dólares/items = 19,45 dólares/items	
5.31 dólares/items + 18.84 dólares/items = 24,15 dólares/items	

**Costo de almacenamiento:** En este costo intervienen:

Sueldos:	470.000 dólares / año	
Costo del almacenamiento:		691.000 dólares / año
Gastos Indirectos: (25.000 dólares / mes)(12 meses / año):	300.000 dólares / año	
Cesantías: (470.000 dólares / año)(1/ 12 meses):	39.167 dólares / año	
Bancos: (5.000.000 dólares)(0,14):	700.000 dólares	
Accionistas: (5.000.000 dólares)(0,24):	1.200.000 dólares	
Deterioro / obsolescencia:		500.000 dólares
<b>COSTO TOTAL / AÑO</b>		<b>3.430.167 dólares / año</b>

*Costo de Almacenamiento por items:*

$$\left( \frac{3.430.167 \text{ dólares}}{\text{año}} \right) \left( \frac{1}{40.000 \text{ items}} \right) = 85,75 \text{ dólares/items / año}$$

#### 4.4 SUBPROCESO DE PLANEACIÓN

Para realizar un procedimiento de planeación de inventarios, la organización necesita contar con un plan logístico que le permita establecer los objetivos, las políticas, los planes, normas y metas que manejarán las variables de tiempo y cantidad (cuándo y cuánto), y decidir un cierto número de principios estratégicos y tácticos tales como :

- + Determinar los artículos que conviene tener en el almacén.
- + Que cantidades hay que tener en el almacén.
- + Elegir las formas de suministro.
- + Definir los plazos para un nuevo suministro.
- + Optar por un modo de evaluación del inventario y ponerlo en práctica.

**4.4.1 Objetivo General.** El objetivo principal o general del control de los inventarios consiste en encontrar el equilibrio más económico entre los diferentes costos que están en conflicto, estos son:

- Costos de abastecimiento, el cual aumenta o disminuye según el número de veces que se hagan pedidos.
- Costos de almacenamientos, este aumenta o disminuye según la cantidad de unidad de cada pedido.
- Costos de penalización o de agotamiento, este último aumenta según el número de veces que se deja de satisfacer un pedido dado.

#### **4.4.4.1 Objetivos Específicos.**

- Tener en mínimo de inversión en existencias, en materias primas y partes componentes, en materiales en procesos y en productos terminados.
- Mantener el nivel de las existencias de materias primas y partes componentes de manera tal que las operaciones de producción no sufran demoras por faltantes.

- Mantener el nivel de existencias de productos terminados de acuerdo con la demanda de los clientes, para así dar un servicio de entrega oportuno.
- Descubrir a tiempo los materiales o productos que no tienen movimiento, y los que se han deteriorado o ya son obsoletos en el mercado.
- Establecer una buena custodia en los almacenes para evitar fugas, despilfarros o maltratos por descuido.
- Estar alerta ante los cambios en la demanda del mercado.

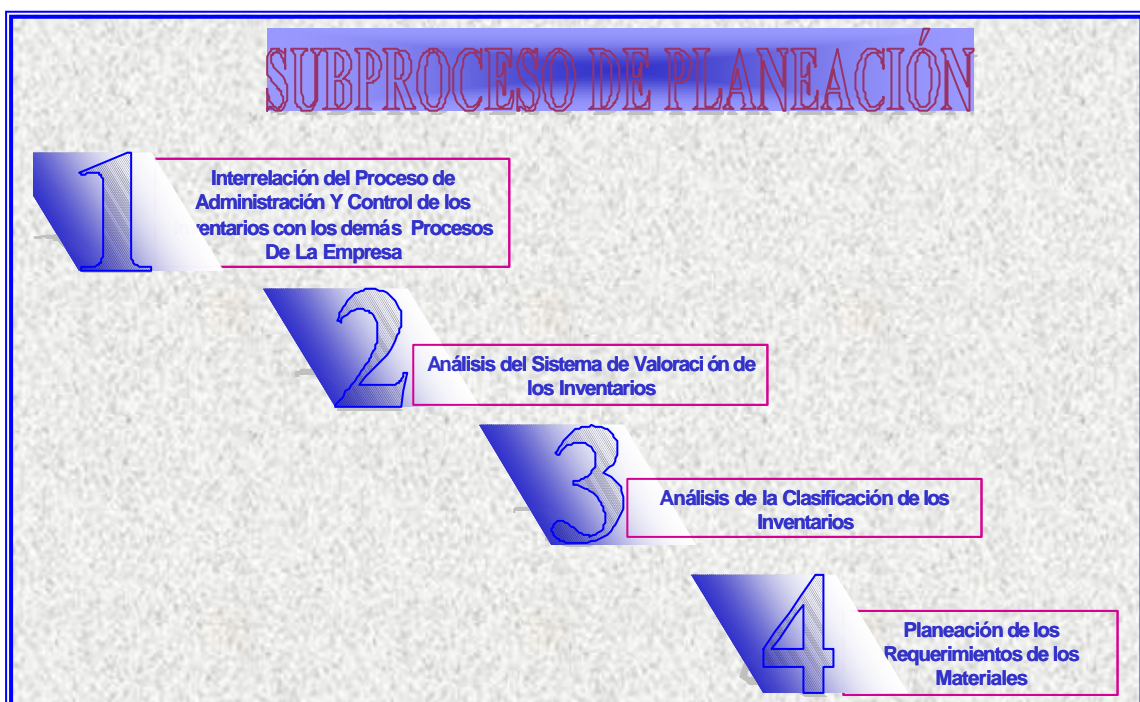
#### **4.4.5 Políticas del control de los Inventarios**

- Determinar si las ventas son sobre pedidos o sobre las existencias en los almacenes, para establecer las políticas adecuadas de producción y de almacenamiento de productos terminados.
- Debe definirse la política de niveles de existencias de acuerdo con las altas y bajas de estaciones del año o según las altas y bajas en periodos de producción.
- Es necesario determinar si la mercancía se almacenará en un solo almacén, en la fábrica o en los almacenes de distribución, en distintas áreas de la ciudad o del país.
- De acuerdo con las posibilidades económicas de la empresa, deben definirse las políticas que fijan los límites para compras adelantadas por riesgos de escasez de materiales o por conocimiento de futuras alzas de precios.
- Las políticas deben establecer los sistemas de abastecimiento u de producción mediante pronósticos de ventas o niveles parejos normalizados para todo su periodo o para un año.

**4.4.3 Planes y Normas.** Una vez definidos los objetivos, se deben establecer los planes y normas, ejemplos:

- Definir planes de inventarios a corto, mediano y largo plazo.
- Establecimiento de los niveles de existencias de acuerdo con el presupuesto.
- Adopción de normas para la periodicidad de las compras de cada producto.
- Establecimiento de las normas de costos de abastecimiento, de mantenimiento de existencia en almacenes y de pérdidas de la producción por falta de materiales, por pérdidas de ventas.

**4.4.4 Desarrollo del Subproceso de Planeación de los Inventarios.** El subproceso de planeación muestra en detalle las actividades y tareas que se van a realizar para la consecución de los planes y normas anteriormente nombrados. Este subproceso encierra los siguientes procedimientos: interrelación del proceso de administración y control de los inventarios con los demás procesos de la empresa, análisis de la clasificación de los inventarios mediante sistemas de clasificación ABC y sistemas matriciales, planeación de los requerimientos de los materiales y asignación de los parámetros de reposición (ver figura 34).

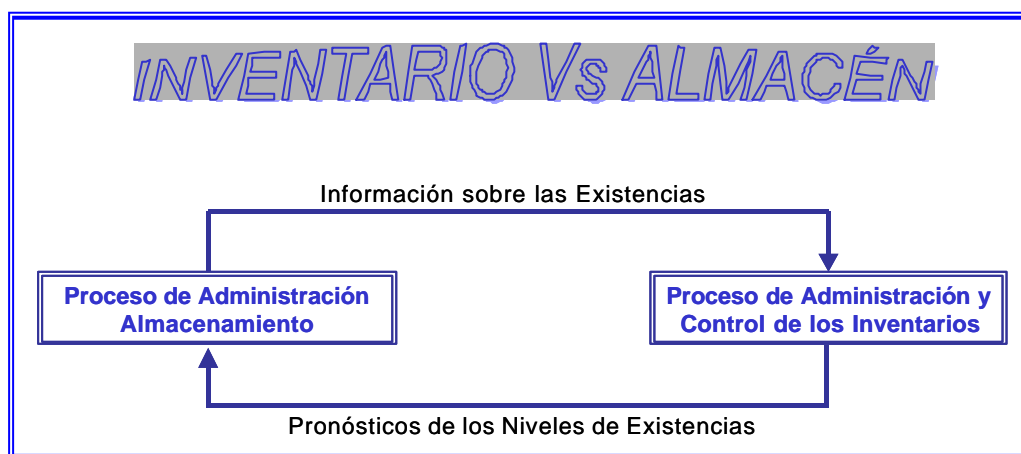




## Figura 34. Procedimientos del Subproceso de Planeación

**4.4.4.1 Procedimiento 1 - Interrelación del Proceso de Administración Y Control de los Inventarios con los demás Procesos de la Empresa.** El proceso de administración y control de los inventarios se relaciona con varios procesos dentro de la organización, de las cuales una de las más importantes es la de proceso de administración de los almacenes donde muchas veces se tiende a presentar confusiones entre el uno y el otro, por lo que a continuación explicamos las diferencias y relación entre las dos.

El proceso de administración de los almacenes debe poner en práctica, los principios que se hayan decidido en el proceso de administración y control de los inventarios, optimizando los flujos físicos correspondientes al interior del almacén (reenvasado y reabastecimiento en las zonas de preparación a partir de la zona de reserva). Además le suministra información acerca de los niveles de existencia de materiales (altos inventarios / inventario obsoleto) y el Plan de Requerimiento de Materiales (MRP). Los intercambios de información entre el proceso de administración y control de los inventarios y el proceso de administración de los almacenes son numerosos y frecuentes (ver figura 35), a continuación se mencionan:



**Figura 35. Intercambio de información entre Inventario y Almacén**

**a. Del Proceso de Administración y Control de los Inventarios hacia el Proceso de Administración de los Almacenes**

- Lista de entregas esperadas del exterior o de la producción
- Lista de los pedidos a ejecutar
- Solicitud de inventario

**b. Del Proceso de Administración de los Almacenes hacia el Proceso de Administración y Control de los Inventarios**

- Lista de entradas reales
- Lista de las salidas ejecutadas
- Lista de anomalías: pérdida o destrucción de artículos, no disponibilidad debida a error de inventario, clientes no previstos, litigios, entre otros.

La relación entre el proceso de administración y control de los inventarios y los demás procesos se muestran en el cuadro 19:

**Cuadro 19. Interrelación del Proceso de Administración Y Control de los Inventarios**

<b>PROCESOS</b>	<b>INFORMACIÓN SUMINISTRADA</b>
<b>Compras</b>	Le informa lo que se necesita en materiales, maquinaria o equipos. Además, informa a través de seguimiento los nuevos cambios; si existen pedidos que estén adjudicados y competan al cambio.
<b>Producción</b>	Le proporciona los planes maestros de producción (para los inventarios de materia prima y productos en procesos).
<b>Ventas</b>	Le informa acerca de los pronósticos de ventas para cada producto o para cada grupo similar (para los inventarios de productos terminados)
<b>Mantenimiento</b>	Le da a conocer los programas de mantenimientos de los equipos (para los inventarios de partes y repuestos de los equipos)
<b>Finanzas</b>	Presupuesto de la empresa, cumplir ejemplarmente con el manejo del dinero.

**4.4.4.4 Procedimiento 2 - Análisis de la Valoración de los Inventarios.**

Los sistemas de valoración le permiten a la empresa darle un valorizar sus inventario al final del periodo. Existen los sistemas de valoración de inventario PEPS, UEPS y Costo Promedio Ponderado.



### ***Sistema de Valorización de Inventario PEPS***

Este método se basa en el supuesto de que la mercancía se vende o sale del almacén en el orden en que se recibe. Por consiguiente, las unidades en existencia al final del periodo van a quedar valoradas con los últimos precios de la adquisición, y como se supone tendencia alcista en los mismos, su valor sería el más elevado. Por su parte, el costo de la mercancía vendida correspondería al precio de las unidades del inventario inicial o de las primeras compras, las cuales presentan los precios más bajos.

Por la característica alcista imperante en los precios de la compra, este método se utiliza muy frecuentemente por la empresas por lo que presenta los inventarios a los costos más recientes; esto constituye su atractivo principal, aunque desde el punto de vista de las utilidades, hace figurar una ganancia mayor, la cual se traduce en impuestos más altos para la empresa.



### ***Sistema de Valoración de Inventario UEPS***

Este método supone que las mercancías se venden en le orden contrario del que se reciben, es decir, las últimas en entrar al almacén son las primeras en venderse a los clientes. Bajo este supuesto, las unidades en existencias al final del periodo van a valorarse a los primeros precios al alza. Por otra parte, el costo de la mercancía vendida correspondería al precio de las últimas compras, las cuales presentan los precio más altos. Para usar una correcta aplicación de los costos se debería establecer lotes de inventario por fecha de compra. En periodo de inflación este método origina una utilidad y un impuesto reducido.



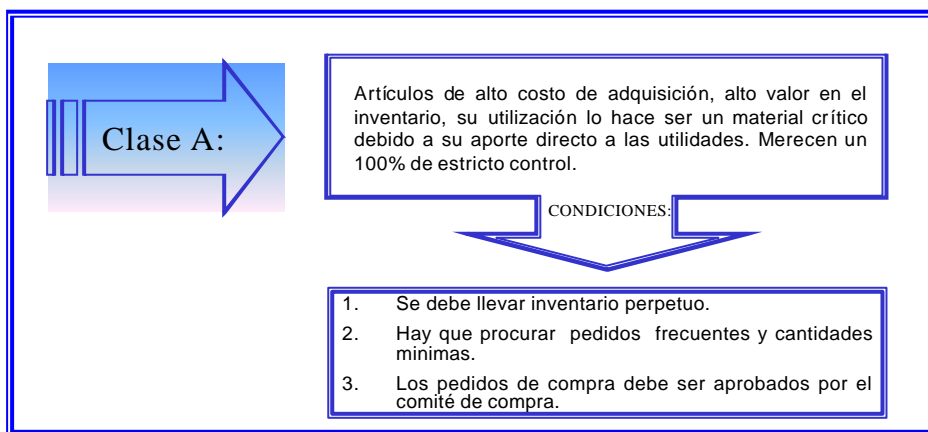
### ***Sistema de Valoración de Inventario Costo Promedio Ponderado***

Para determinar el valor de las unidades en existencias bajo este método debe calcularse un costo unitario promedio ponderado, el cual se determina dividiendo el costo total de la mercancía disponible para la venta por le numero de unidades en existencia. El resultado se aplica, tanto a las unidades vendidas para

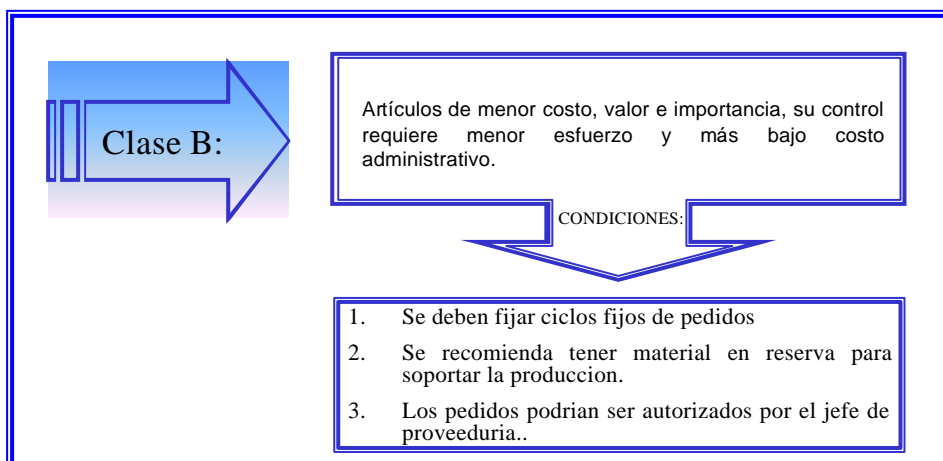
determinar el costo de venta, como a las unidades en existencia al final del periodo para determinar el valor del inventario final.

Este procedimiento es muy aceptado en las empresas que comercializan diferentes líneas de productos en razón de su sencillez y por la representación que confiere a los diferentes precios que se pagaron a lo largo del año, pues el valor de las primeras compras representados en el valor del inventario final así como el valor de las últimas compras.

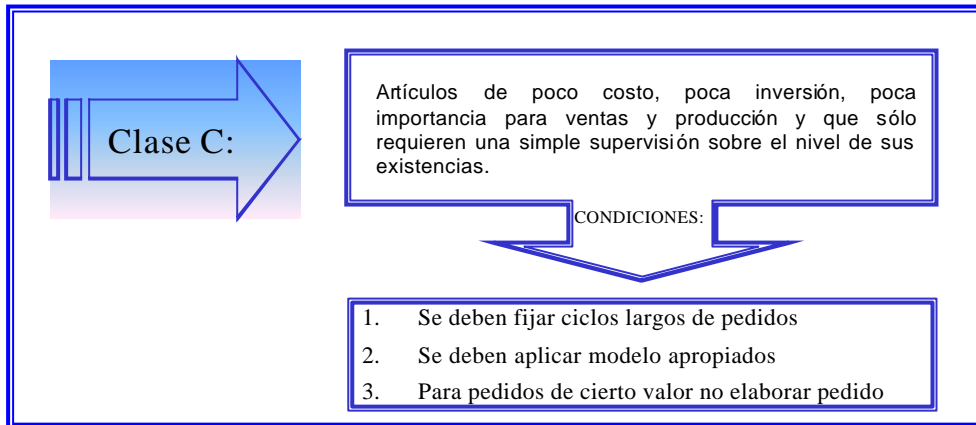
**4.4.4.3 Procedimiento 3 - Análisis de la Clasificación de los Inventarios.** Uno de los sistemas de clasificación de los inventarios, es el sistema de clasificación ABC, cuyo propósito, es la clasificación de los inventarios según ciertas variables tales como: costo de adquisición, valor e importancia. De ahí parte el principio de separar los inventarios en tres grandes clases: Clase A (figura 36), Clase B (figura 37) y Clase C (figura 38). Estas condiciones son a manera de ejemplo; no hay un patrón a seguir, solo se sabe que el establecimiento de estas condiciones rinden buenos resultados.



**Figura 36 . Clasificación ABC (Clase A)**



**Figura 37. Sistema ABC (Clase B)**



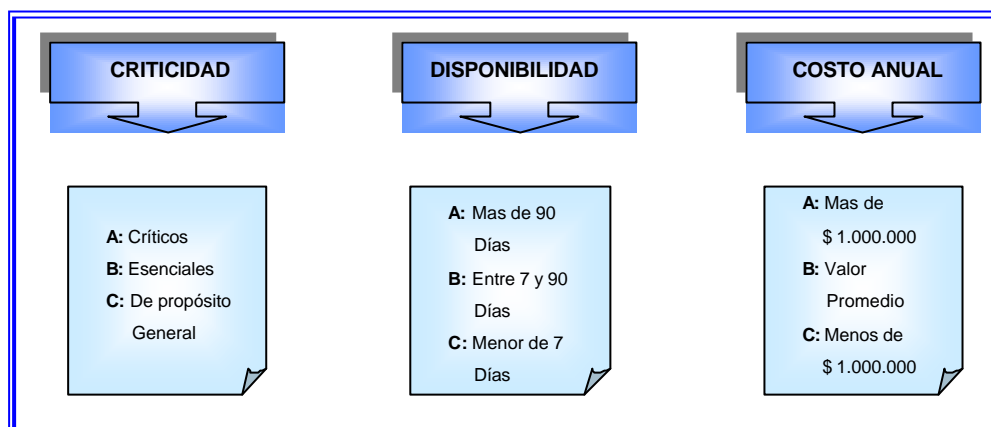
**Figura 38. Sistema ABC (Clase C)**

Con la anterior clasificación se reduce tiempo, esfuerzo y costo de los inventario. Por ejemplo, una empresa generadora de energía eléctrica como ELECTROCOSTA, con muchos millones de pesos invertidos en sus materiales y partes componentes, le resultaría incosteable llevar un estricto control sobre tornillos, tuercas, rondanas y otros materiales de poco precio unitario que, por su gran diversidad de tipos y especificaciones, ocupan la mayor parte de los renglones de sus inventarios y solamente suman una pequeña parte del valor total invertido en el mismo. Por ello, se hace necesario realizar una matriz ABC y clasificar sus inventario por el grado de importancia que estos tengan para la empresa (ver cuadro 20).

**Cuadro 20. Matriz ABC**

	ALTO VOLUMEN	MEDIANO VOLUMEN	BAJO VOLUMEN	
ALTO COSTO	Alto Costo Alto Volumen	Alto Costo Mediano Volumen	Alto Costo Bajo Volumen	<b>A</b>
MEDIANO COSTO	Mediano Costo Alto Volumen	Mediano Costo Mediano Volumen	Mediano Costo Bajo Volumen	<b>B</b>
BAJO COSTO	Bajo Costo Alto Volumen	Bajo Costo Mediano Volumen	Bajo Costo Bajo Volumen	<b>C</b>

Un vez realizada la clasificación se procede a la correcta calificación de los inventarios por medio de ciertos criterio tales como: criticidad, disponibilidad y costo anual (ver figura 39).



**Figura 39 . Criticidad, Disponibilidad y Costo de los Inventarios**

- Criticidad:** Mide el efecto que se produce en la productividad y en la seguridad de las personas y de las instalaciones, en caso de no disponer de ese material para atender una necesidad en forma inmediata.
- Disponibilidad:** Este criterio mide el tiempo total de reposición requerido para suplir una necesidad de un cliente (interno o externo); incluye el tiempo de trámites internos en materiales, el tiempo de suministro que se toma un proveedor y el tiempo que se gasta en el transporte.
- Costo Anual:** Con este criterio se mide el valor global de los recursos gastados para atender las necesidades de los clientes.

Teniendo en cuenta esta calificación, se propone realizar la asignación de los modelos de inventario a las diferentes clases de la siguiente manera:

- **Clase A:** Se recomienda utilizar el Modelo Lote Económico

- **Clase B**: Se recomienda utilizar el Modelo de Inventario Máximo - Lote Económico
- **Clase C**: Se recomienda utilizar el Inventario Periódico

Las empresas pueden hacer uso de uno de los siguientes sistemas de clasificación donde se tiene en cuenta el sistema de selectividad ABC.

- Sistema por Precio Unitario
- Sistema por Valor de Inventario

#### **SISTEMA DE CLASIFICACIÓN POR VALOR TOTAL**

Este sistema se clasifica de acuerdo con los valores reales de las existencias en el almacén.

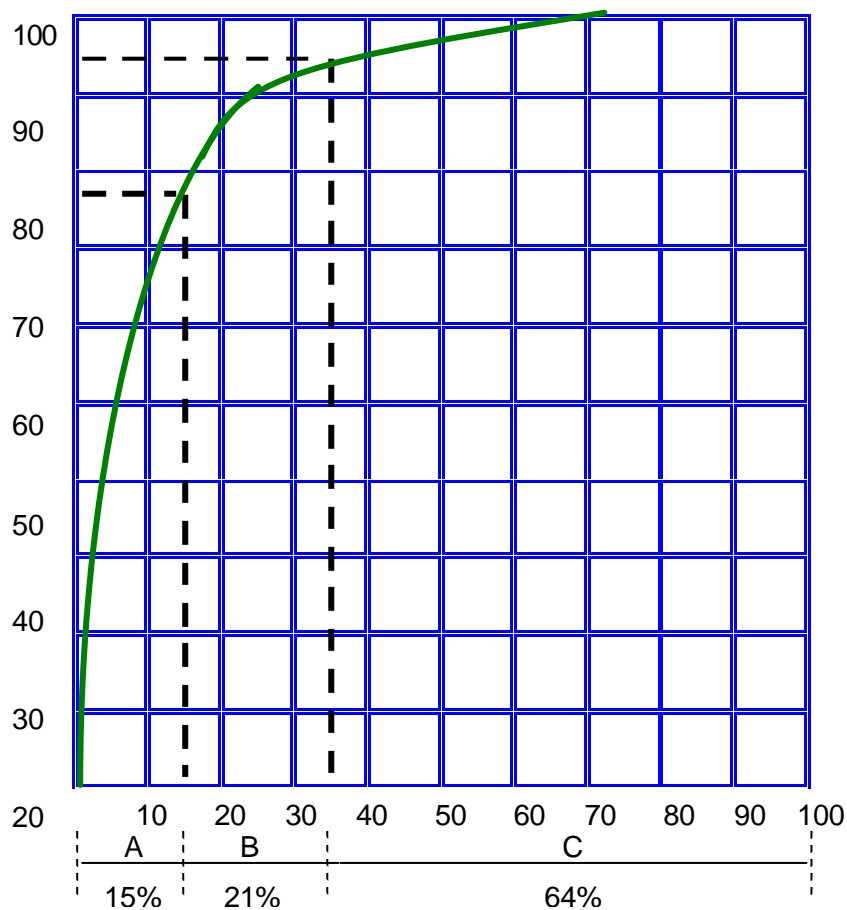
##### *Pasos para la clasificación*

1. Se ordenan los artículos a partir del valor más alto hasta el menor valor encontrado. (Normalmente un inventario presenta una columna de valores que contiene la multiplicación de la cantidad de unidades por el precio unitario de cada artículo).
2. Se determina el número de renglones de la clasificación A, comenzando por el primer renglón (el valor más alto). Se marcan los renglones de esta división con la letra A, en la lista.
3. Se suman los valores de los renglones de la clasificación A y se divide el resultado entre la suma total de los valores. Ahora se tiene el porcentaje de artículos y el porcentaje del valor de la clasificación A.
4. Se determinan los porcentajes de los renglones y del valor de la clasificación B, de la misma manera como se hizo con la clasificación A.

5. Se encuentran y se marcan los renglones de la clasificación B, comenzando con el renglón que sigue después del último marcado con la letra A.
6. Se obtienen los porcentajes de artículos restantes, así como de su valor, y se marcan los renglones correspondientes a la división C, de la misma manera como en el caso de A y B.

### Ejemplo 4.2

Al sumar 6 inventarios de 4.000 renglones de diferentes artículos, el resultado arrojó un valor promedio total de \$1.000.000; un 79% de este valor, o sea \$790.000, estaba compuesto por solamente un 15% del total de los renglones de artículos, o sea, 600 diferentes artículos. En cambio, el 21% restante del valor total, que equivale a \$210.000, estaba por los otros 3.400 renglones de artículos, que representan un 85% del total de artículos almacenados (Ver figura 40).





**Figura 40. Clasificación ABC**

DESARROLLO: Análisis mediante el valor total (ver cuadro 21).

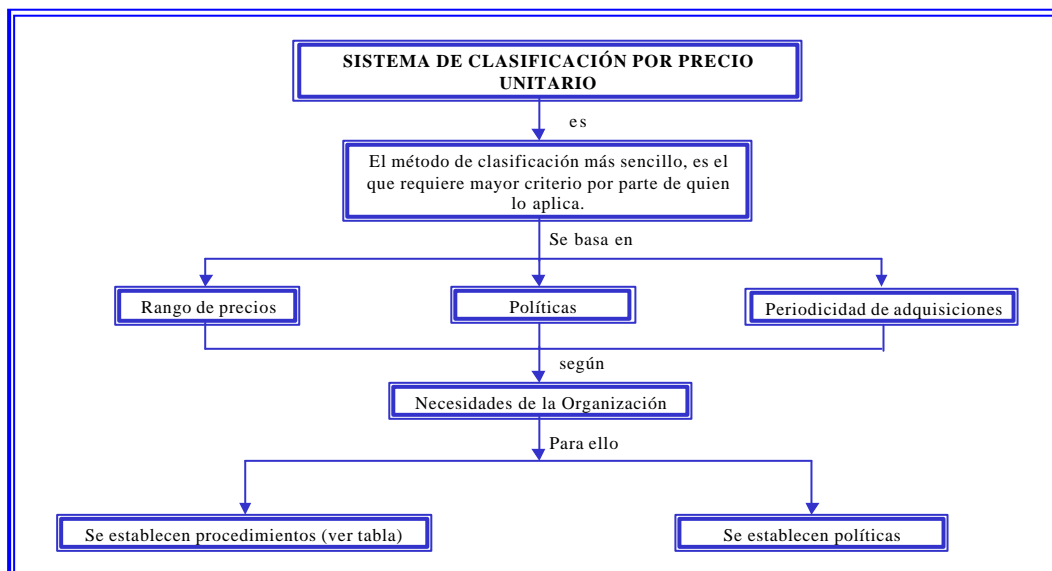
**Cuadro 21. Sistema de clasificación por valor total**

CLASE	% DE ARTÍCULOS	NÚMERO DE ARTÍCULOS	% DEL VALOR	VALOR
A	15	600	79	\$790.000
B	20	800	16	\$160.000
C	65	2.600	5	\$50.000

Los artículos con valor de \$210.000, equivalen a: B + C = 21%

**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN POR PRECIO UNITARIO**

La figura 41, presenta en forma resumida bs aspectos más importantes de este sistema.



**Figura 41. Sistema de clasificación por Precio Unitario**

*Pasos para la clasificación*

1. Se realiza un promedio de los precios unitarios de los tres últimos inventarios mensuales. Estos precios aparecerán en la columna respectiva del inventario.
2. Se reordenan los renglones del inventario, comenzando por el precio unitario más alto y terminando la lista por el precio del artículo más económico; y se determina el número total de renglones del listado de artículos, en orden descendente de precio, y se multiplica por 0.15; esto da el número de renglones que representa el 15% del total de la lista.
3. La clasificación A se obtiene contando el número de renglones que corresponden al 15% del total, comenzando por el precio más alto.
4. En la clasificación B, se procede de la misma manera, obteniéndose por ejemplo, el 20% de restante de los renglones.
5. La clasificación C, será el 100% menos la suma de los dos porcentajes, de la A y la B:  $100\% - (A + B)\%$ .
6. Obtenidas las 3 clasificaciones por precio unitario, se procede a dividir cada una por tamaños, tomando los datos de compras o del almacén este último que conoce el espacio que ocupa cada unidad.
7. Por último se establecen las políticas de periodicidad de compra para cada clasificación ( A, B y C), así como para cada división ( 1 y 2 ).

Un ejemplo de lo anterior se resume en el cuadro 22:

**Cuadro 22. Ejemplo**

CLASE	CONDICIÓN	POLÍTICA
A1	Alto costo unitario y demanda muy voluminosa.	Compras / ordenes semanales y solo lo necesario
A2	Alto costo unitario y demanda poco voluminosa	Compras / ordenes mensuales y cantidades hasta un mínimo
B1	Mediano costo unitario y demanda muy voluminosa.	Compras / ordenes cada tres meses y cantidades hasta un mínimo

<b>B2</b>	Mediano costo unitario y demanda poco voluminosa.	Compras / ordenes cada seis meses y cantidades hasta un mínimo
<b>C1</b>	Bajo costo unitario y demanda muy voluminosa.	Compras / ordenes cada 12 meses y cantidades hasta un óptimo
<b>C2</b>	Bajo costo unitario y demanda poco voluminosa.	Compras / ordenes cada 18 meses y cantidades hasta un óptimo

### Ejemplo 4.3

Para los datos del ejercicio 3.2 los siguientes cuadro (23, 24, 25) presentan el análisis de inventario por precio unitario.

**Cuadro 23. Clase A**

PRECIO	UNIDADES	VALOR
50	3.000	150.000
54	2.000	108.000
66	2.900	191.400
77	1.010	77.770
97	1.515	145.985
108	2.025	218.700
115	1.000	115.000

Precio superior a: \$50.00

Total clase A: \$1.006.855

Porcentaje del valor del inventario: 66%

Porcentaje de artículos: 12%

**Cuadro 24. Clase B**

PRECIO	UNIDADES	VALOR	PRECIO	UNIDADES	VALOR
16.0	2.395	38.240	20.0	1.000	20.000
17.0	2.000	34.000	23.1	950	21.945
17.5	1.010	17.675	30.0	800	24.000
18.8	2.070	38.917	35.0	1.000	35.000
19.4	1.500	29.100	45.0	700	32.200

Precio entre: \$16.00 y \$49.00

Total clase B \$291.077

Porcentaje del valor del inventario: 19%

Porcentaje de artículos: 17%

**Cuadro 25. Clase C**

PRECIO	UNIDADES	VALOR	PRECIO	UNIDADES	VALOR
0.32	8.000	2.560	2.65	1.900	5.035
0.45	4.000	1.800	3.00	1.700	5.100
0.50	3.800	1.900	3.20	1.600	5.120
1.00	3.500	3.500	3.28	1.670	5.478
1.00	3.600	3.600	3.56	1.650	5.874
1.05	2.500	2.625	4.00	357	1.428
1.10	2.800	3.080	4.40	1.545	6.952
1.18	1.800	2.128	5.05	0	0
1.20	1.550	1.860	5.75	1.560	8.970
1.35	1.030	1.390	6.80	1.430	9.724
1.50	1.900	2.850	7.95	1.250	9.937
1.60	1.850	2.960	8.60	1.200	10.320
1.63	1.745	2.844	9.00	1.000	9.000
1.78	1.115	1.965	10.75	990	10.642
1.79	1.350	2.416	11.10	990	9.990
1.80	1.400	2.520	11.90	1.000	11.900
2.05	1.350	2.767	12.80	825	10.560
2.45	1.200	2.940	13.95	850	11.857
2.45	1.300	3.185	14.75	750	11.062
2.53	1.400	3.542	15.80	958	15.140
2.60	1.800	4.680	15.60	950	14.820

Precio inferior a: \$16.00

Total clase C: \$236.037

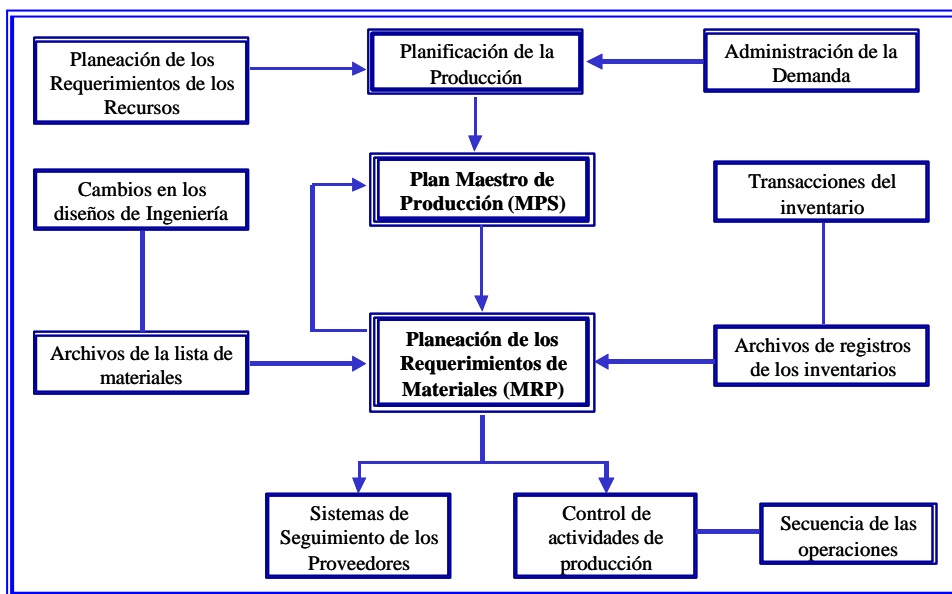
Porcentaje del valor del inventario: 15%

Porcentaje de artículos: 71%

**4.4.4.4 Procedimiento 4 - Planeación de los Requerimientos de los Materiales.** Un producto terminado puede contener diversos sub-ensambles y partes. Además, cada sub-ensambles y cada parte requiere de una cantidad determinada de tiempo de entrega

dentro de la producción. Los sub-ensambles y partes también requieren de materia prima que tienen tiempo de entrega en los suministros.

Un Plan Maestro de Producción (MPS, por las siglas en inglés de Master Production Schedule) representa un plan para la fabricación; indica las cantidades y fechas que se deben explotar a fin de generar los requerimientos por periodos para componentes, piezas y materia prima. La relación del MPS con las demás actividades de producción y control se muestran en la figura 42.



**Figura 42. Plan Maestro de Producción**

La planificación de los materiales representan el calculo de los requerimientos de miles de piezas y componentes usando una lógica formal llamada MRP (Material Requirement Planning).

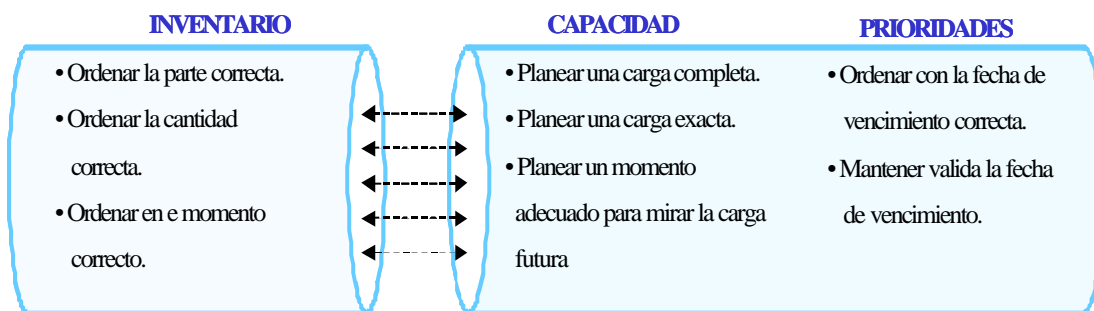
El MRP determina los planes periodo a periodo para todas las piezas componentes y materia prima que se necesita para producir todo lo que se establece en e MPS.

## REQUERIMIENTOS Y PROPÓSITOS DEL MRP

La utilización efectiva de los modelos de inventarios dependientes requieren que el administrador de operaciones conozca:

- El programa Maestro de Producción ( Que se necesita y Cuando)
- Especificaciones de materiales (Como hacer el producto)
- Las ordenes de compra pendientes
- Los tiempos de entrega (Cuánto tiempo se tarda en obtener los componentes).

Los principales propósitos de un sistema básico de MRP son: controlar los niveles de inventarios, asignar prioridades operativas para los artículos y planear la capacidad para cargar el sistema de producción (ver figura 43).



**Figura 43. Propósitos del MRP**

En resumen, la meta del MRP es llevar los materiales correctos, al lugar correcto y en el momento correcto.

#### **Ejercicio 4.4**

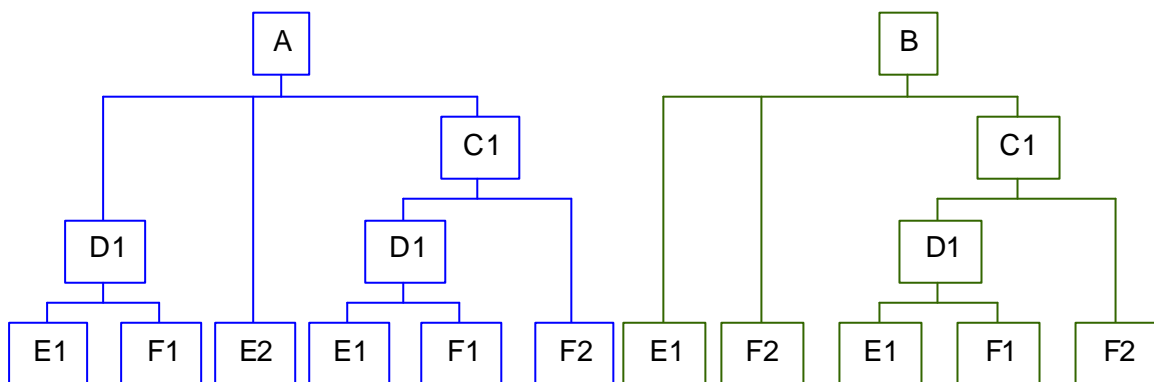
Suponga que tenemos dos productos terminados A y B compuestos de sub-ensamble, que a su vez, constan de partes y materias primas. La demanda de los productos, sub-ensamble y partes se indican a continuación en el cuadro 26.

**Cuadro 26. Demanda**

	UNIDAD
Producto A	625
Producto B	230
Sub-ensamble D	135
Parte E	190

El programa supone que todos los artículos deben estar disponibles durante la primera semana de cada mes, en este caso se requiere producir los productos en un solo lote cada mes y no en una serie de lotes durante todo el mes.

La estructura o arquitectura del producto (A y B) consta de dos sub-ensamble C y D y de dos parte E y F, tal como se indica en la figura 44.



**Figura 44. Estructura de los Productos A y B**

Los archivos de registros contienen muchos datos adicionales a los propios inventarios como son: tiempos históricos de entrega, costos, entre otros. Para el caso del ejercicio, se encuentran la información del inventario disponible al comienzo de la corrida y los plazos de entrega (ver cuadro 27).

**Cuadro 27. Inventario y Tiempos de Entregas**

ARTICULO	INVENTARIO DISPONIBLE	PLAZO DE ENTREGA
A	25	2
B	30	2
C	20	1
D	15	1
E	15	1
F	20	1

Con los datos suministrados anteriormente constituyen los requerimientos mínimos de información necesarios para correr el MRP. A continuación se inicia el proceso de desarrollo del MRP con el grafico de secuenciación (ver figura 45).

4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---



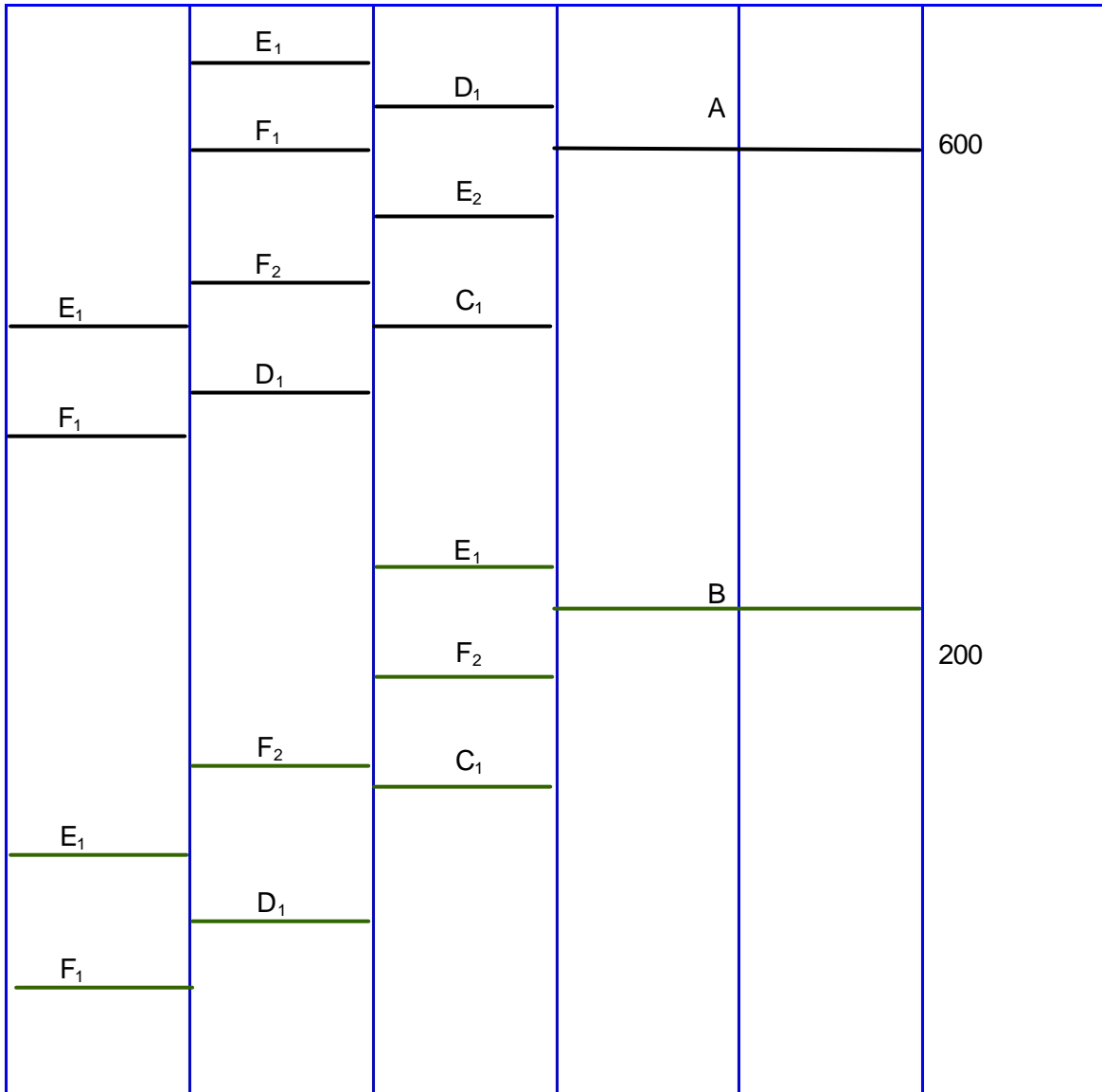


Figura 45. Estructura del Árbol de los Productos sobre una base con fase de Tiempo

Con base a la figura 45, se procede a establecer los requerimientos netos de cada producto, sub-ensamble o parte.

$$\text{Requerimientos Netos} = \text{Requerimientos totales} - \text{Inventario Disponible}$$

Para el caso de nuestro ejercicio tenemos:

Producto A :	625 - 25 -----	600
Producto B:	230 - 30 -----	200
Parte C:	$1A - 1B = (600 + 200) - 20$ -----	780
Sub-ens. D:	$(1A + 1C_{AB}) = (600 + 780) - 15 + 135$ -----	1.500
Parte E :	$(1D_A + 2A + 1D_{CAB} + 1B) - 30 + 380 = 600 + 1200 + (780 - 15)$ $+ 135 + 200 - 30 + 380$ -----	3.075
Parte F:	$1D_A + 1D_{CAB} + 2C_{AB} + 2B = 600 + 765 + 2(780) + 2(200) - 20 + 270$ -----	3440

En el cuadro 28, se muestra la fecha con sus respectivas cantidades en la cual se debe realizar el recibo de pedido y la expedición de la orden.

**Cuadro 28. Calendarización**

		4	5	6	7	8	9
<b>A</b>	Requerimiento Bruto						625
	Inventario Disponible						25
	Requerimiento Neto						600
	Fecha de recibo de pedido						600
	Fecha de expedición de la orden				600		
<b>B</b>	Requerimiento Bruto						230
	Inventario Disponible						30
	Requerimiento Neto						200
	Fecha de recibo de pedido						200
	Fecha de expedición de la orden				200		
<b>C</b>	Requerimiento (1 X 1200 + 1 X 400)				800		
	Inventario Disponible				20		
	Requerimiento Neto				780		
	Fecha de recibo de pedido				780		
	Fecha de expedición de la orden			780			
<b>D</b>	Requerimiento Bruto (1 X 1200 + 1 X 1560)			780	600		135
	Inventario Disponible			15	0		0
	Requerimiento Neto			765	600		135
	Fecha de recibo de pedido			765	600		135
	Fecha de expedición de la orden		765	600		135	
<b>E</b>	Requerimiento Bruto (2 X 1200 + 1 X 1530 + 1 X 1200 + 1 X 400 + 1 X 400)		765	600	1200 200		190
	Inventario Disponible		15				
	Requerimiento Neto		750	600	1400	135	190
	Fecha de recibo de pedido		750	600	1400	135	190
	Fecha de expedición de la orden	750	600	1400	135	190	

<b>F</b>	Requerimiento Bruto (1 X 1200 + 1 X 1200 + 2 X 1200 + 2 X 400 + 1 X 400 + 2 X 400)		765	1560 600	400	135	
	Inventario Disponible		20				
	Requerimiento Neto		745	960	400	135	
	Fecha de recibo de pedido		745	960	400	135	
	Fecha de expedición de la orden	745	960	400	135		

#### 4.5 SUBPROCESO DE PROGRAMACIÓN

La programación es el medio por el cual se lleva a cabo el proceso de control de los inventarios, para ello se hace necesario establecer criterios de reposición, así como establecer los modelos y sistemas de inventarios.

**4.5.1 Procedimiento 1 – Establecer Criterios de Reposición.** Existen dos tipos de clientes en una organización, los clientes internos como Mantenimiento, Producción, Proyectos, entre otros y los clientes externos como son los Fabricantes y Proveedores.

Al establecer las políticas para el control de inventarios en las empresas, se establecen igualmente los parámetros de reposición. Los criterios a considerar en la reposición de inventarios son los siguientes:

- Clasificación del material
- Criticidad del material
- Disponibilidad del material
- Rotación del inventario
- Nivel de servicio
- Pronóstico de consumo
- Punto de Reorden
- Cantidad a pedir
- Modelo y sistema de reposición
- Frecuencia para la toma del inventario
- Cantidad mínima y máxima a almacenar por bodega
- Tiempo de reaprovisionamiento (Nacional e Importación)
- Costos de ordenar y mantener
- Grado de automatización

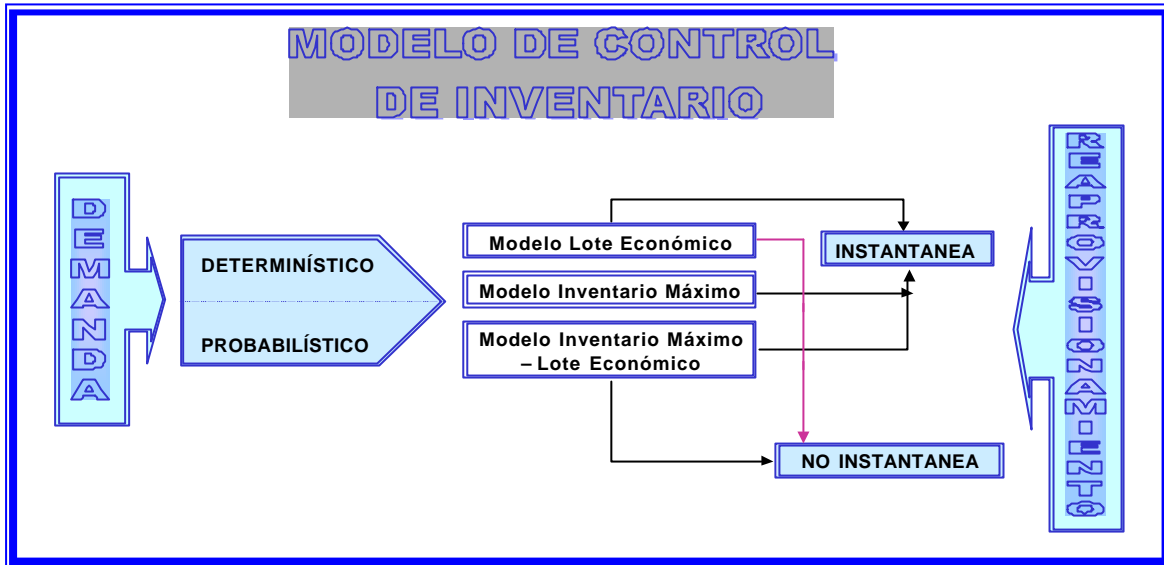
#### **4.5.2 Procedimiento 2\_ Establecer los modelos y sistemas P y Q de inventarios.**

Todo control de inventario debe resolver los siguientes problemas:

- ¿Qué cantidad debe ordenarse en cada orden de pedido?. Cantidad que minimice los costos totales y puedan satisfacer el proceso de producción y la demanda de los clientes.
- ¿Cuándo debe colocarse dicha orden?. Además, debido a que estos inventarios representan frecuentemente una considerable inversión, las decisiones respecto a las cantidades de unidades (en particular), son muy importantes. Los modelos y sistemas de inventario contribuyen a obtener una mejor decisión acompañada de la experiencia y del buen criterio de las personas encargada de la toma de decisiones.

El conjunto de estas decisiones relativas de aprovisionamientos están contenidas en el llamado plan de aprovisionamientos, que fija las cuantías de las compras o de lotes de producción, en términos reales y la periodicidad de las mismas. Un elemento clave a la hora de tomar la decisión de nuestro sistema de gestión de inventario, será el grado de certidumbre de la demanda que tengamos de nuestros productos, ya que de ese grado de certeza y de las técnicas de previsión de la demanda que utilicemos dependerá el sistema de gestión elegido.

**4.5.2.1 Modelos de Control de Inventario.** Los modelos de control de inventario se pueden clasificar según el comportamiento de la demanda y de la velocidad de reposición (ver figura 46).



**Figura 46. Modelo de Control de Inventario**

## **1. Modelo Determinístico (Demanda Programada)**

### **a. Modelo Lote Económico**

En este modelo se manejan artículos de alto costo de adquisición, alto valor en el inventario, y su utilización lo hace ser un material crítico debido a su aporte directo a las utilidades. Merecen un 100% de estricto control. Por lo que no permite deficiencias, ya que los costos de agotamiento son muy altos. En la figura 47, se presentan los diversos tipos de variables existentes para cada modelo de lote económico.

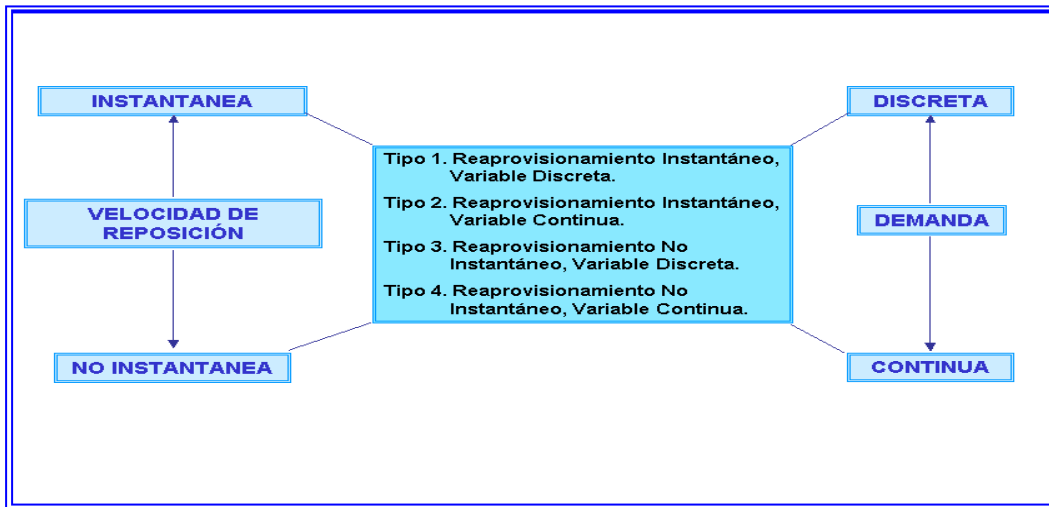


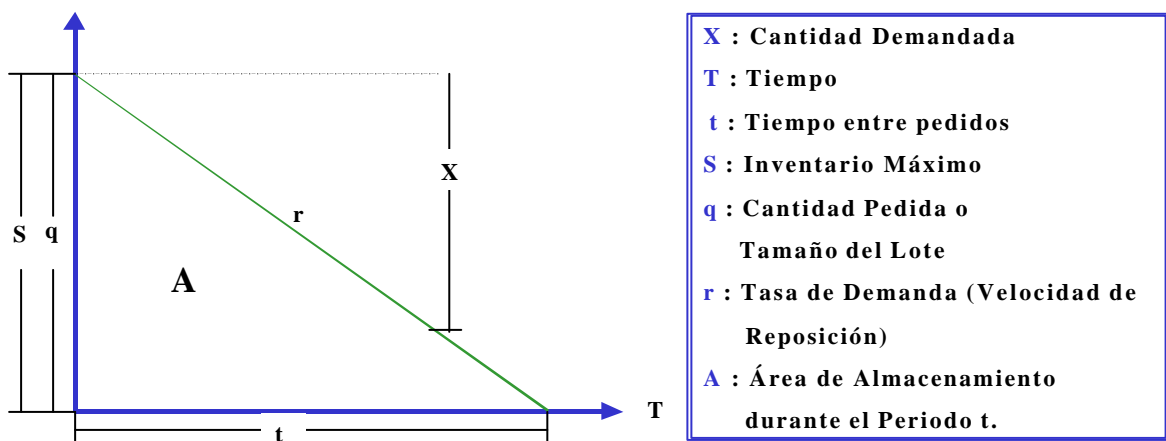
Figura 47. Tipos de Modelos de Lote Económico

- **Lote Económico Tipo 1 : Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

Este modelo se basa en las siguientes suposiciones

1. La demanda se efectúa a tasa constante.
2. El reemplazo es instantáneo (la tasa de reemplazo es infinita).
3. Todos los coeficientes de costos son constantes ( $C_1, C_2, C_3$ ).

En la figura 48, se ilustra esquemáticamente este modelo.



### Figura 48. Gráfica del Modelo Lote Económico con Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua

En la figura 48, se representa como iguales el inventario máximo  $S$  y la cantidad económica pedida  $q$  esto se presenta cuando no se permiten deficiencias; aunque esto no siempre es verdadero, realmente en la mayoría de modelos de inventarios esta condición ( $q = S$ ) no es verdad. Sin embargo, esta igualdad se tomará como un ideal del modelo. Por otra parte, el tiempo  $T$  se tomara como un año en la deducción de este y de los demás modelos de inventario del capítulo. Se hace esta suposición ya que simplifica la demostración.

El costo total del modelo esta formado por tres componentes de costo:

Costo Total / año = Costo de Almacenamiento / año + Costo Unitario / año + Costo de ordenar una compra / año

$$C_T = C_1 + C_3 + C_U \cdot (\text{demanda})$$

En este modelo, por definición de lote económico el costo de agotamiento es cero ( $C_2 = 0$ )

#### *Demostración del modelo*

Tomando como referencia la figura 48, obtenemos:

$\frac{A}{t}$  = Número de unidades almacenadas por unidad de tiempo, entonces;  $C_1 =$

$\frac{A \cdot c_1}{t}$  y  $C_3 = \frac{c_3}{t}$ ; Donde:

$c_1$  = Costo de almacenamiento por unidad

$c_2$  = Costo de reaprovisionamiento por unidad

$$A = \frac{q \cdot t}{2} \text{ entonces, } C_1 = \left( \frac{q \cdot t}{2} \right) \left( \frac{c_1}{t} \right)$$

$$\boxed{C_1 = \frac{q \cdot c_1}{2}} \quad (3.1)$$

La razón  $\frac{X}{t}$  es conocida como la tasa de demanda, o cantidad demandada en la

unidad de tiempo,  $r = \frac{X}{t}$ , entonces tenemos,  $t = \frac{X}{r}$

Por lo que,  $C_3 = \frac{r \cdot c_3}{X}$ , pero al final del periodo  $X = q$ , por lo que se tiene que:

$$\boxed{C_3 = \frac{r \cdot c_3}{q}} \quad (3.2)$$

Ahora obtenemos el Modelo Matemático,

$$C_T = C_1 + C_3 + C_u \cdot r \text{ igual a: } \boxed{C_T = \frac{q \cdot c_1}{2} + \frac{r \cdot c_3}{q} + C_u \cdot r} \quad (3.3)$$

Una forma de determinar  $q$  óptimo ( $q_o$ ), es suponer diversos valores de  $q$  y sustituir en la ecuación (3.3) hasta encontrar el punto de costo mínimo. Un procedimiento más sencillo consiste en derivar la ecuación (3.3) respecto a  $q$  e igualar la derivada a cero. Puesto que el término  $C_3 \cdot r$  es constante, la derivada de la ecuación (3.3) es:

$$\frac{dC}{dq} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{c_1}{2} - \frac{r \cdot c_3}{q_o^2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{c_1}{2} = \frac{r \cdot c_3}{q_o^2}$$



Despejando  $q_o$ , obtenemos

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1}} \quad (3.4)$$

La ecuación (3.4) da la cantidad óptima a comprar, que ocasiona un costo mínimo y tiene como base un balance entre los dos costos variables (costos de almacenamiento y costos de compra). Cualquier otra cantidad pedida ocasiona un costo mayor.

Reemplazando,  $q_o$  en la ecuación (3.3) obtenemos el Costo Mínimo ( $C_o$ ), lo que cuesta pedir el mínimo.

$$C_o = \left( \frac{1 c_1}{2} \right) \cdot \left( \sqrt{\frac{2 \cdot r \cdot c_3}{c_1}} \right) + \frac{r \cdot c_3}{\sqrt{\frac{2 \cdot r \cdot c_3}{c_1}}}$$

Resolviendo,

$$C_o = \sqrt{2 \cdot r \cdot c_1 \cdot c_3} \quad (3.5)$$

#### Ejemplo 4.5

La demanda de cierto artículo es de 18.000 unidades / año. El costo de almacenamiento por unidad es de \$1,20 por año y el costo de ordenar una compra es de \$400. no se permite déficit, y la tasa de reemplazos es instantánea. Determinar:

- a) La cantidad óptima a pedir.
- a) El costo total por año si el costo de una unidad es \$1.

- b) El número de pedido por año.
- c) El tiempo entre pedidos.

Datos:

$c_3 = \$400$  / orden de producción.

$c_1 = \$1,20$  / unid. al año

$r = 18.000$  unid. / año

$c_u = \$1$  / unid.

### DESARROLLO

a) La cantidad óptima pedida se calcula según la ecuación (3.4).

$$q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (400) \cdot (18.000)}{1,20}} = 3.465 \text{ unidades}$$

b) El costo total se calcula según la ecuación (3.3)

$C_T =$

$$\frac{q \cdot c_1}{2} + \frac{r \cdot c_3}{q} + C_u \cdot r = \frac{(3.465) \cdot (1,20)}{2} + \frac{(18.000) \cdot (400)}{3.465} + (18.000) \cdot (1) = \$22.156 / \text{año}$$

c) El número de pedidos por año es:

$$N = \frac{r}{q} = \frac{18.000}{3.465} = 5,2 \text{ pedidos/año}$$

d) El tiempo entre pedidos es:

$$t = \frac{q}{r} = \frac{3.465}{18.000} = 0,1925 \text{ año}$$

- **Lote Económico Tipo 1: Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua.**

### **Descuentos por Cantidad**

En el modelo sencillo de Lote Económico, solo se consideran relevantes los costos de habilitación y de pedido. Si existen descuentos por volumen o cantidad mayores, el precio de compra es también un costo relevante. En este caso, la forma de costo relevante total sería:

$$Q = \text{Costo Anual de mantener inventario} + \text{Costo Anual de Pedido} + \text{Compras anuales}$$

### **Ejercicio 4.6**

Un almacén almacena ciertos artículos y recientemente a estado otorgando un programa de descuento por volumen. Los costos de elaborar la orden es de \$49, la demanda anual es de 5.000 unidades al año. El costo de almacenamiento es el 20% del precio. En el cuadro 27, se presentan las diferentes opciones.

**Cuadro 27. Opciones de Descuento**

<b>OPCIONES</b>	<b>VOLUMÉN</b>	<b>DESCUENTOS</b>	<b>PRECIO / UNIDAD</b>
1	0 - 999	0	\$5.00
2	1.000 - 1.999	4%	\$4.80
3	2.000 - 3.000	5%	\$4.75

Datos:

$$C_1 = 20\%(\text{precio unitario})$$

$$C_3 = \$49$$

$$r = 5.000 \text{ unidades/año}$$

### DESARROLLO

Para la primera opción:

$$q = \left( \sqrt{\frac{2C_3r}{0.2 \text{ precio}}} \right) = \left( \sqrt{\frac{2(49)(5.000)}{0.2(5)}} \right) = 700 \text{ unidades}$$

$$C_1 = \frac{c_1 q}{2} = \frac{(0.2)(5)(700)}{2} = \$350$$

$$C_3 = \frac{c_3 r}{q} = \frac{49(5.000)}{700} = \$350$$

$$C_T = C_1 + C_3 + rP = 350 + 350 + (5.000)(5) = \$25.700$$

El cuadro 28, resume las tres opciones

### Cuadro 28. Cantidad Óptima

q <sub>i</sub>	AJUSTE	COSTO ANUAL (rp)	COSTO ALMACENAMIENTO	COSTO DE REPOSICIÓN	COSTO TOTAL
700	700	5.000(5) = 25.000	350	350	25.700
714	1.000	5.000(4.8) = 24.000	480	245	24.725
718	2.000	5.000(4.75) = 23.750	950	122,5	24.822

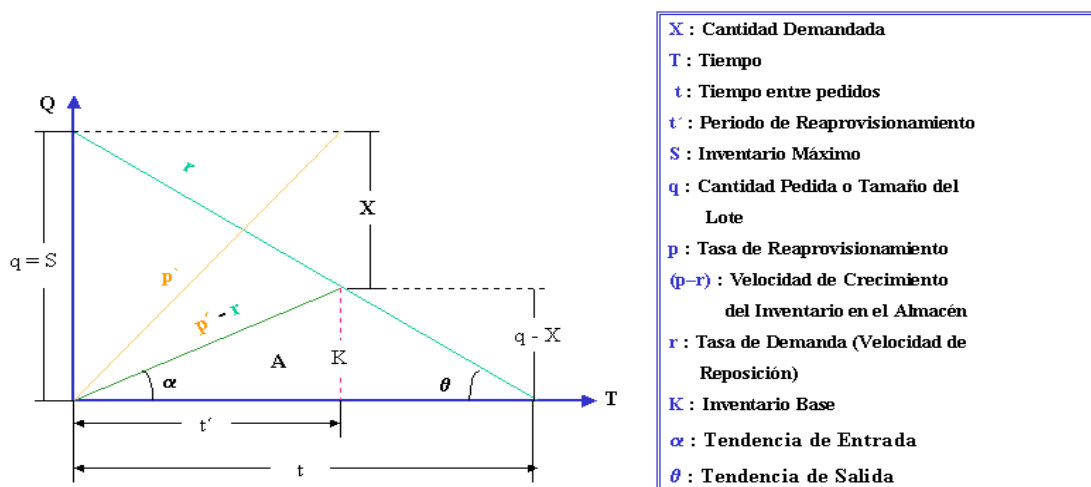
En el caso de descuento por cantidad, los costo anuales de compras pueden compensar el incremento en costo anuales de mantener inventario. Por lo tanto es importante analizar el siguiente interrogante: ¿Qué es preferible, estar en el punto óptimo en una curva de costo alto por unidad, o encontrarse en un punto no óptimo en una curva de costo más bajo por unidad?

- **Lote Económico Tipo 2: Demanda Continua, Reaprovisionamiento No Instantáneo**

Este modelo es llamado también modelo de fabricación, ya que en el se analiza la cantidad optima a fabricar mas no la que debe comprarse. Por lo que en este

modelo el costo de ordenar una compra se reemplaza por la de organizar una tanda de producción.

Las suposiciones de este modelo son similares al anterior, excepto que la tasa de reemplazo es finita y mayor que la tasa de demanda. En la figura 49, se ilustra esquemáticamente este modelo.



**Figura 49. Grafico Modelo Lote Económico con Reaprovisionamiento No Instantáneo y Variable Continua.**

El procedimiento empleado en este modelo para determinar la cantidad optima  $q_0$  es básicamente el mismo del modelo anterior. El costo total del modelo esta formado por los tres componentes de costo antes mencionados:

$$\text{Costo Total / año} = \text{Costo de Almacenamiento / año} + \text{Costo de organizar una Tanda de Producción / año} + \text{Costo Unitario / año}$$

$$C_T = C_1 + C_3 + C_u \cdot (\text{demanda})$$

Por definición de lote económico el costo de agotamiento es cero ( $C_2 = 0$ ).

### *Demostración del modelo*

Tomando como referencia la figura 49, obtenemos:

$$C_1 = \frac{A \cdot c_1}{t} \quad C_3 = \frac{c_3}{t}$$

$A = \frac{K \cdot t}{2}$ , realizando la semejanza de triángulos tenemos,

$\frac{K}{q} = \frac{t-t'}{t}$  despejando K obtenemos el Inventario Base o Básico,

$$\boxed{K = q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)} \quad (3.6)$$

$A = \frac{t \cdot (q - X)}{2}$ ,  $r = \frac{X}{t}$  al final de periodo  $X = q$  entonces,  $t = \frac{q}{r}$

En un instante x :

$$p = \frac{q}{t'}$$

entonces,

$$A = \frac{t \cdot (q - r \cdot t')}{2} = \frac{t \cdot \left(q - \frac{r \cdot q}{p}\right)}{2} = \frac{t \cdot q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2}$$

$$C_1 = \frac{c_1 \cdot q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2} \quad (3.7)$$

$$C_3 = \frac{c_3 \cdot r}{q} \quad (3.8)$$

Ahora obtenemos el Modelo Matemático,

$$C_T = \frac{c_1 \cdot q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{q} \quad (3.9)$$

Para optimizar y determinar q óptimo ( $q_0$ ), se deriva la ecuación (3.9) respecto a q e igualar la derivada a cero. Puesto que el término  $C_3 \cdot r$  es constante, la derivada de la ecuación (3.9) es:

$$\frac{dC}{dq} = 0 = \frac{c_1 \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2} - \frac{c_3 \cdot r}{q^2} = 0$$

$$\frac{c_3 \cdot r}{q_0^2} = \frac{c_1 \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2} \text{ despejando } q_0 \text{ obtenemos,}$$

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1 \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}} \quad (3.10)$$

$q_0$  es la cantidad óptima que debe fabricarse (costo mínimo) y es un balance entre los costos de almacenamiento y los costos de organizar una tanda de producción.

Reemplazando,  $q_0$  en la ecuación (3.9) y resolviendo obtenemos el Costo Mínimo.

$$C_o = \left( \sqrt{2 \cdot c_1 \cdot c_3 \cdot r} \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)^{1/2} \right) \quad (3.11)$$

El costo Total también se puede deducir mediante la formula:

$$C_T = C_o + r \cdot C_u \quad (3.12)$$

### Ejemplo 4.7

La demanda de un articulo de una determinada compañía es de 18.000 unidades / año, la compañía puede producir ese articulo a una tasa de 3.000 por mes. El costo de organizar una tanda de producción es \$500 y el costo de almacenamiento de una unidad / mes es \$0,15. Determinar la cantidad optima a fabricar, el costo total por año suponiendo que el costo de una unidad es \$2; también hallar el inventario base, número de ordenes de producción y el tiempo entre pedidos (orden de producción) y el tiempo de fabricación.

Datos:

$$c_3 = \$500$$

$$c_1 = \$0,15$$

$$r = 18.000$$

$$c_u = \$2$$

### DESARROLLO

La cantidad óptima que debe fabricarse puede calcularse utilizando la ecuación (3.10) y suponiendo 12 meses / año.

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1 \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (500) \cdot (16.000)}{0.15 \cdot (12) \cdot \left(1 - \frac{16.000}{3.000 \cdot (12)}\right)}} = 4.000 \text{ unidades}$$

El costo Total anual es:

$$C_T = C_o + r \cdot C_u$$



$$C_o = \left( \sqrt{2 \cdot c_1 \cdot c_3 \cdot r \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)} \right) = \sqrt{2 \cdot (500) \cdot (16.000) \cdot (1.8) \cdot \left(1 - \frac{16.000}{36.000}\right)} = \$4.000$$

Para hallar el Inventario Base (K) podemos utilizar la ecuación (3.6)

$$K = q \left(1 - \frac{r}{p}\right) = 4.000 \cdot \left(1 - \frac{16.000}{36.000}\right) = 2.222 \text{ unidades}$$

El número de ordenes de producción y el tiempo entre pedidos es N (Número de Pedidos)

$$N = \frac{r}{q} = \frac{16.000}{4.000} = 4 \text{ pedidos/año}$$

El tiempo de fabricación es:  $t = 360 \text{ días} / N$ , entonces  $t = 360 / 4 = 90 \text{ días}$

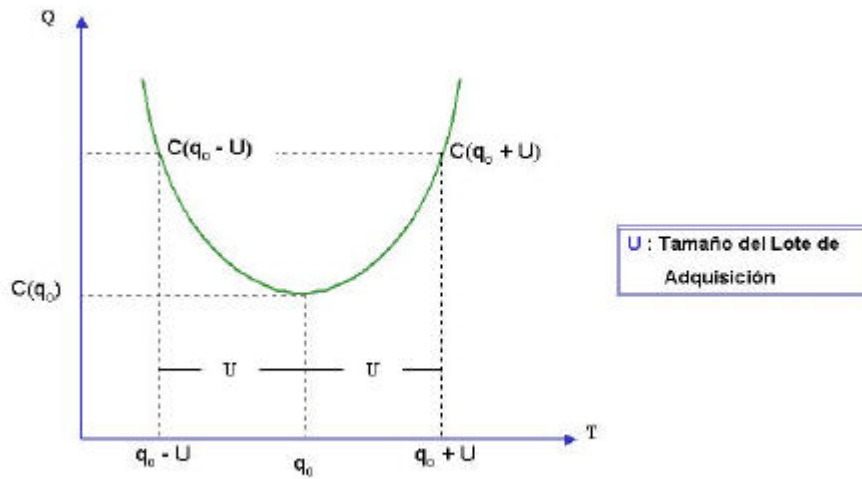
$$t = q / p = 4.000 / 12 \cdot (3.000) = 0.111 \text{ años}$$

- **Lote Económico Tipo 3: Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

Los costos son los mismos al tratado en el modelo con reaprovisionamiento instantáneo y variable continua.

$$C_T = C_1 + C_3 \qquad C_T = \frac{c_1 \cdot q}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{q}$$

En la figura 50, se ilustra esquemáticamente el modelo.



**Figura 50. Grafico Modelo Lote Económico con Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

*Demostración del modelo*

En este modelo se trata con variable discreta (estas toman valores enteros y se generan por conteo), por lo que se debe aplicar el método de diferencia Finitas o también llamado método de las desigualdades.

Por tal motivo si,

$$C_{(q_0)} = \frac{c_1 \cdot q_0}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{q_0}, \text{ entonces } C_{(q_0+U)} = \frac{c_1 \cdot (q_0 + U)}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{(q_0 + U)}$$

Observando en la figura 50, se deduce que:

$$C_{(q_0+U)} \geq C_{(q_0)} \quad \text{y} \quad C_{(q_0-U)} \geq C_{(q_0)}$$

Por lo que,

$$\boxed{C_{(q_o-U)} \geq C_{(q_o)} \leq C_{(q_o+U)}} \quad (3.13)$$

Entonces,

$$\frac{c_1 \cdot (q_o + U)}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{(q_o + U)} \geq \frac{c_1 \cdot q_o}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{q_o}$$

Donde,

$$\frac{c_1 \cdot (q_o + U)^2 + 2 \cdot c_3 \cdot r}{2 \cdot (q_o + U)} \geq \frac{c_1 \cdot q_o^2 + 2 \cdot C_3 \cdot r}{2 \cdot q_o}$$

$$\frac{c_1 \cdot (q_o^2 + 2 \cdot q_o \cdot U + U^2) + 2 \cdot c_3 \cdot r}{2 \cdot (q_o + U)} \geq \frac{c_1 \cdot q_o^2 + 2 \cdot C_3 \cdot r}{2 \cdot q_o}$$

Despejando y resolviendo la desigualdad, obtenemos:

$$\boxed{q_{o(q_o+U)} \geq \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1}} \quad (3.14)$$

Para  $C_{(q_o-U)} \geq C_{(q_o)}$  realizamos el mismo procedimiento, por lo que obtenemos:

$$\boxed{q_{o(q_o-U)} \geq \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1}} \quad (3.15)$$

Ahora con las ecuaciones (3.14) y (3.15) obtenemos:

$$\boxed{q_{o(q_o-U)} \geq \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1} \leq q_{o(q_o+U)}} \quad (3.16)$$

En donde,  $\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1}$  es llamado INDICADOR.

Para determinar el valor de  $q_o$ , se lleva a cabo los siguientes paso:

- a) Hallar el valor del indicador
- b) Llenar el cuadro 29:

**Cuadro 29. Cuadro de Verificación**

$2C_3 r/C_1$	$Q_o$	$(Q_o + U)$	$(Q_o - U)$	$Q_o (Q_o + U)$	$Q_o (Q_o - U)$

- c) El valor buscado de  $q_b$  se obtendrá cuando un valor de  $q_b$  se pase de izquierda a derecha. Esto respecto al indicador.

### Ejemplo 4.9

Tomando los datos del ejercicio 4.5, con la única variante que la demanda es discreta se pide hallar la cantidad óptima.

### DESARROLLO

El indicador para este modelo es:  $\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1} = 12.000.000$  unidades

$2C_3 r/C_1$	$Q_o$	$(Q_o + U)$	$(Q_o - U)$	$Q_o (Q_o + U)$	$Q_o (Q_o - U)$
12.000	3.465	3.515	<b>3.415</b>	12.179.475	<b>11.832.975</b>

Se escoge la cantidad menor, respecto al indicador; si se hubiese dado el caso que ambos resultados estuvieran por encima de 12.000.000 unidades entonces se seguiría llenando la tabla hasta que algunos de los dos valores fuera mayor. Para este ejercicio la cantidad óptima es 3.415 unidades.

- **Lote Económico Tipo 4: Reaprovisionamiento No Instantáneo y Variable Discreta**

Los costos son los mismos al tratado en el modelo con reaprovisionamiento No Instantáneo y variable continua.

$$C_T = C_1 + C_3 \quad C_T = \frac{c_1 \cdot q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{q}$$

El modelo esquemático es el mismo que se presenta en la figura 50.

*Demostración del modelo*

Aplicando el método de diferencia Finitas obtenemos,

$$C_{q_0} = \frac{c_1 \cdot q_0 \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2} + \frac{c_3}{q_0}$$

$$C_{(q_0+U)} = \frac{c_1 \cdot (q_0+U)}{2} \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right) + \frac{c_3 \cdot r}{(q_0+U)} \quad \text{y} \quad C_{(q_0-U)} = \frac{c_1 \cdot (q_0-U)}{2} \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right) + \frac{c_3 \cdot r}{(q_0-U)}$$

Observando en la figura 50, se deduce que:  $C_{(q_0+U)} \geq C_{q_0}$  y

$$C_{(q_0-U)} \geq C_{q_0}$$

Por lo que,  $\boxed{C_{(q_0-U)} \geq C_{q_0} \leq C_{(q_0+U)}}$  (3.17)

Donde,

$$\frac{c_1 \cdot (q_o + U) \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{(q_o + u)} \geq \frac{c_1 \cdot q_o \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{q_o} \leq \frac{c_1 \cdot (q_o - U) \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}{2} + \frac{c_3 \cdot r}{(q_o - u)}$$

Resolviendo la desigualdad,

$$\boxed{q_o(q_o - U) \geq \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1 \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)} \leq q_o(q_o + U)} \quad (3.18)$$

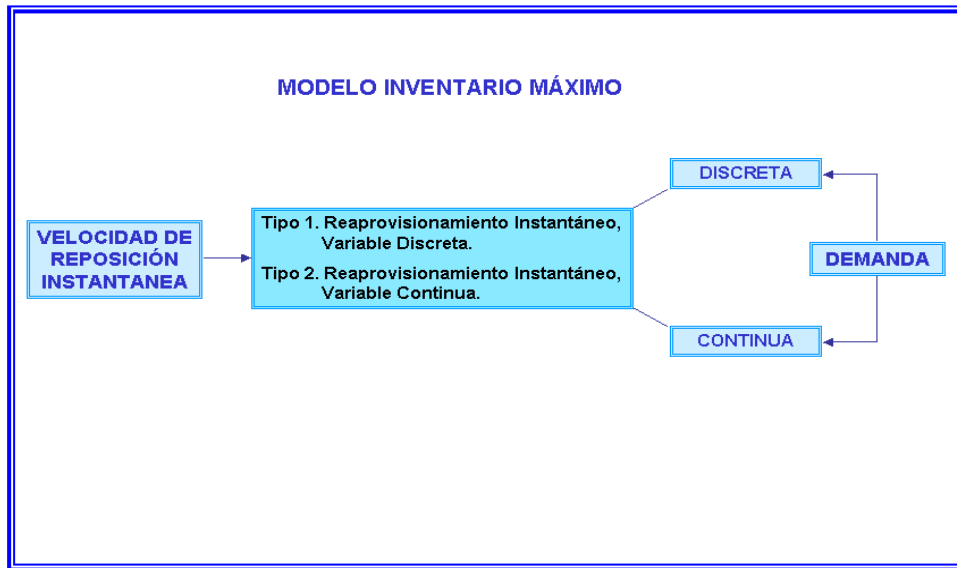
Donde,

$$\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1 \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}, \text{ es llamado indicador}$$

Los pasos a seguir para resolver el modelo son los mismos del Modelo Lote Económico con Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta.

### **b. Modelo Inventario Máximo**

Este modelo tiene como base las mismas suposiciones del modelo Lote Económico, excepto que se permite déficit. En consecuencia como costos controlables están los costos de almacenamiento y los de agotamiento o penalización y no se incurre en costos de reaprovisionamiento. En la figura 51, se presentan los tipos de variables existentes para cada modelo de Inventario Máximo.



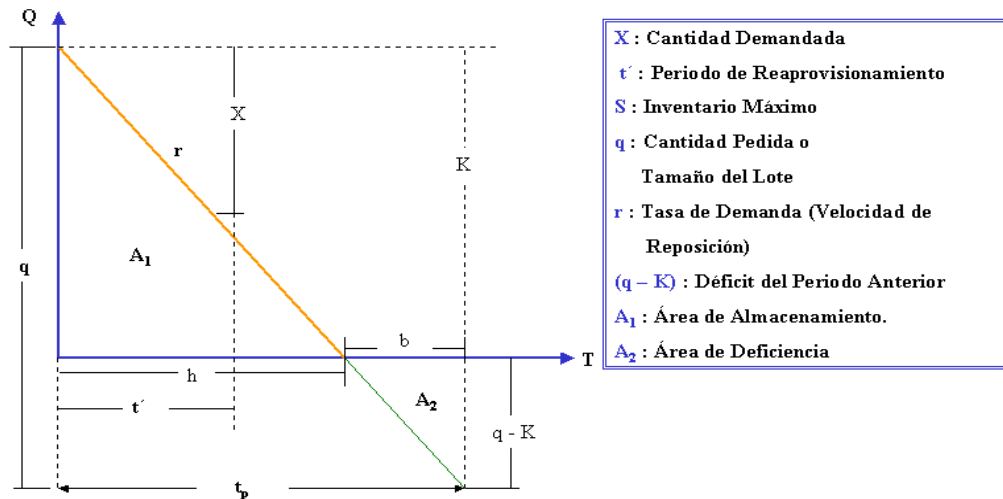
**Figura 51. Tipos de Modelos Inventario Máximo**

- **Inventario Máximo Tipo 1: Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

Este modelo se basa en las siguientes suposiciones:

1. La demanda se efectúa a tasa constante.
2. El reemplazo es instantáneo (la tasa de reemplazo es infinita).
3. Todos los coeficientes de costos son constantes ( $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ).

En la figura 52, se ilustra esquemáticamente este modelo.



**Figura 52. Grafico Modelo Inventario Máximo con Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

La figura 52, muestra que es posible diferir el pedido, de manera que una vez recibida la cantidad pedida desaparece el déficit. Por consiguiente, en este modelo, los costos de déficit son ocasionados por agotamiento de existencias durante el periodo de tiempo y no por la pérdida de ventas. Ya que este modelo incluyen los costos de déficit, el costo total por año estará dado por:

$$C_T = \text{Costo del artículo / año} + \text{Costo de Ordenar la compra / año} + \text{Costo de Almacenamiento / año} + \text{Costo de Agotamiento / año}$$

$$C_T = C_u(\text{demanda}) + C_3 + C_1 + C_2$$

*Demostración del modelo*

$$C_1 = \frac{c_1 \cdot A_1}{t_p}, \quad C_2 = \frac{c_2 \cdot A_2}{t_p} \quad \text{y} \quad C_3 = \frac{c_3}{t_p}$$

Utilizando la trigonometría,



$$A_1 = \frac{hK}{2} \quad \text{y} \quad A_2 = \frac{b \cdot (q - K)}{2}$$

Realizando una semejanza de triángulos;

$$\frac{h}{t_p} = \frac{K}{q} \Rightarrow h = \frac{K \cdot t_p}{q} \quad \text{y} \quad \frac{b}{t_p} = \frac{(q - K) \cdot t_p}{q} \Rightarrow b = \frac{(q - K) \cdot t_p}{q}$$

Reemplazando h en  $A_1$  y b en  $A_2$  tenemos:

$$A_1 = \frac{K \cdot t_p}{q} \cdot \left( \frac{K}{2} \right) \quad \text{y} \quad A_2 = \frac{(q - K) \cdot t_p}{q} \cdot \left( \frac{(q - K)}{2} \right) = \frac{(q - K) \cdot t_p}{2 \cdot q}$$

Por lo que,

$$C_1 = \frac{c_1 \cdot A_1}{t_p} = \frac{c_1}{t_p} \cdot \left( \frac{K^2 \cdot t_p}{2 \cdot q} \right)$$

$$\boxed{C_1 = \frac{c_1 \cdot K^2}{2 \cdot q}} \quad (3.19)$$

$$C_2 = \frac{c_2 \cdot A_2}{t_p} = \frac{c_2}{t_p} \cdot \left( \frac{(q - K)^2 \cdot t_p}{2 \cdot q} \right)$$

$$\boxed{C_2 = \frac{c_2 \cdot (q - K)^2}{2 \cdot q}} \quad (3.20)$$

r en el tiempo  $t_p$  es igual a  $K / t_p$  por lo que,  $t_p = q / r$

Reemplazando  $t_p$  en  $C_3$  obtenemos:

$$\boxed{C_3 = \frac{c_3 \cdot r}{q}} \quad (3.21)$$

Entonces,  $C_T = C_1 + C_2 + C_3$

$$\boxed{C_T = \frac{c_1 \cdot K^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot (q - K)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q}} \quad \text{Modelo Matemático} \quad (3.22)$$

Puesto que en la ecuación (3.22) hay dos variables (q y K), se obtienen las derivadas parciales con respecto a cada variable y se iguala a cero.

$$\frac{\partial C}{\partial q} = 0 \Rightarrow -\frac{c_1 \cdot K^2}{2 \cdot q_o^2} + \frac{c_2}{2} - \frac{c_2 \cdot K^2}{2 \cdot q_o^2} - \frac{c_3 \cdot r}{q_o^2} \Rightarrow \frac{K^2}{2 \cdot q_o^2} \cdot (c_1 + c_2) + \frac{c_2}{2} - \frac{c_3 \cdot r}{q_o^2} = 0$$

$$\left( \frac{c_2 \cdot q_o}{c_1 + c_2} \right)^2 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot q_o^2} \right) \cdot (c_1 + c_2) + \frac{c_2}{2} - \frac{c_3 \cdot r}{q_o^2} = 0$$

$$\frac{1}{2} \left( \frac{c_2^2}{c_1 + c_2} \right) + \frac{c_2}{2} - \frac{c_3 \cdot r}{q_o^2} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot c_2 \cdot \left( \frac{c_2}{c_1 + c_2} + 1 \right) = \frac{c_3 \cdot r}{q_o^2} \Rightarrow q_o = \sqrt{\left( \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_2} \right) \left( \frac{c_1 + c_2}{c_2 + c_1 + c_2} \right)}$$

$$\boxed{q_o = \sqrt{\left( \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_2} \right) \left( \frac{c_1 + c_2}{c_1} \right)}} \quad \text{Cantidad óptima a comprar} \quad (3.23)$$

$$\frac{\partial C}{\partial K} = 0 \Rightarrow \frac{2 \cdot c_1 \cdot K}{2 \cdot q} - c_2 + \frac{2 \cdot c_2 \cdot K}{2 \cdot q} = 0 \Rightarrow \frac{c_1 \cdot K}{q} - c_2 + \frac{c_2 \cdot K}{q} = 0$$

$$\boxed{K_o = \frac{c_2 \cdot q}{c_1 + c_2}} \quad \text{Inventario Máximo} \quad (3.24)$$

El costo mínimo ( $C_o$ ), se halla reemplazando  $K_o$  en la ecuación (3.22)

$$\boxed{C_o = \frac{c_1 \cdot K_o^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot (q - K_o)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q}} \quad (3.25)$$

Sustituyendo la ecuación (3.23) en la (3.24) puede obtenerse una relación para calcular el número de unidades agotadas.

$$(q - K) = D = \frac{c_2}{c_1 + c_2} \left( \sqrt{\left( \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_2} \right) \left( \frac{c_1 + c_2}{c_1} \right)} \right)$$

$$D = \sqrt{\left( \frac{c_2}{c_1 + c_2} \right) \left( \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1} \right)} \quad (3.26)$$

Ahora podemos obtener  $C_T$  en función de los costos y la demanda ( $r$ ), reemplazando la ecuación (3.23) y (3.24) en la ecuación (3.25).

$$C_T = \left( \sqrt{2 \cdot c_3 \cdot c_1 \cdot r} \right) \left( \sqrt{\frac{c_2}{c_1 + c_2}} \right) + C_u \cdot r \quad (3.27)$$

#### Ejercicio 4.10

La demanda de cierto artículo es de 18.000 unidades / año. El costo de almacenamiento por unidad es de \$1,20 por año y el costo de ordenar una compra es de \$400. El costo por déficit por unidad es de \$5 por año, y la tasa de reemplazos es instantánea. Determinar:

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| a) La cantidad óptima a pedir.    | f) El tiempo entre pedidos.                                 |
| b) El inventario máximo           | g) El costo del inventario máximo.                          |
| c) Déficit del periodo anterior.  | h) El costo total por año si el costo de una unidad es \$1. |
| d) El costo total de deficiencia. |   |
| e) El número de pedido por año.   |   |

Datos:

$c_3 = \$400$  / orden de producción.

$c_1 = \$1,20$  / unid. al año

$r = 18.000$  unid. / año

$c_u = \$1$  / unid.

### DESARROLLO

a) La cantidad óptima pedida se calcula según la ecuación (3.23)

$$q_o = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_2}\right) \left(\frac{c_1 + c_2}{c_1}\right)} = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot (400) \cdot (18.000)}{5}\right) \left(\frac{1,2 + 5}{5}\right)} = 3.857 \text{ unidades}$$

b) El inventario máximo se calcula con la ecuación (3.24)

$$K_o = \frac{c_2 \cdot q}{c_1 + c_2} = \frac{(5) \cdot (3.857)}{1,2 + 5} = 3.111 \text{ unidades}$$

c) El déficit del periodo viene dado por:

$$q_o - K_o = 3.857 - 3.111 = 746 \text{ unidades faltantes}$$

d) El costo total de deficiencia esta dado por la ecuación (3.20)

$$C_2 = \frac{c_2 \cdot (q - K)^2}{2 \cdot q} = \frac{5 \cdot (3.857 - 3.111)^2}{2 \cdot (3.857)} = \$361 / \text{año}$$

e) El número de pedidos por año es:

$$N = \frac{r}{q} = \frac{18.000}{3.857} = 4,66 \text{ pedidos / año}$$

f) El tiempo entre pedidos es:

$$t = \frac{q}{r} = \frac{3.857}{18.000} = 0.21 \text{ año}$$

g) El costo del inventario máximo esta dado por la ecuación (3.25)

$$C_o = \frac{c_1 \cdot K_o^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot (q - K_o)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q} = \frac{1,2 \cdot (746)^2}{2 \cdot (3.857)} + \frac{5 \cdot (746)^2}{2 \cdot (3.857)} + \frac{400 \cdot (18.000)}{3.857} = \$3.7333$$

h) El costo total es:

$$C_T = C_o + C_u \cdot r = 3.733 + 1 \cdot (18.000) = \$21.733/\text{año}$$

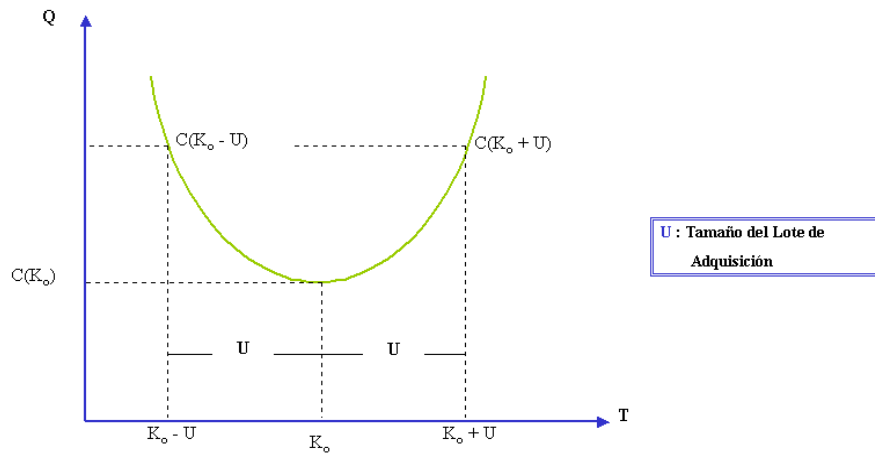
- **Inventario Máximo Tipo 2: Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

Los costos son los mismos al tratado en el modelo con reaprovisionamiento instantáneo y variable continua.

$$C_1 = \frac{c_1 \cdot K^2}{2 \cdot q} \quad C_2 = \frac{c_2 \cdot (q - K)^2}{2 \cdot q} \quad C_3 = \frac{c_3 \cdot r}{q}$$

$$C_T = \frac{c_1 \cdot K^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot (q - K)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q}$$

En la figura 53, se ilustra esquemáticamente el modelo.



**Figura 53. Modelo Inventario Máximo Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

*Demostración del modelo*

Aplicando el método de diferencia Finitas obtenemos,

$$C_{K_o} = \frac{c_1 \cdot K_o^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot (q - K_o)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q}$$

$$C_{(K_o+U)} = \frac{c_1 \cdot (K_o+U)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot [q - (K_o+U)]^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q}$$

$$C_{(K_o-U)} = \frac{c_1 \cdot (K_o-U)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot [q - (K_o-U)]^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q}$$

Observando en la figura 53, se deduce que:

$$C_{(K_o+U)} \geq C_{K_o} \quad \text{y} \quad C_{(K_o-U)} \geq C_{K_o}$$

Por lo que,

$$\boxed{C(K_o - U) \geq C_{K_o} \leq C(K_o + U)} \quad (3.28)$$

$$\frac{c_1 \cdot K_o^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot (q - K_o)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q} \leq \frac{c_1 \cdot (K_o + U)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot [q - (K_o + U)]^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q}$$

Resolviendo la desigualdad se obtiene:

$$K_o - U/2 \geq q \left( \frac{c_2}{c_1 + c_2} \right) \leq K_o + U/2$$

Donde, el indicador es:

$$\boxed{q \left( \frac{c_2}{c_1 + c_2} \right)} \quad (3.29)$$

El valor de  $K_o$ , se halla de la misma forma que en los modelos anteriores de variables discretas (ver cuadro 30)

**Cuadro 30. Cuadro de Verificación**

$q(C_2 / C_1 + C_2)$	$K_o$	$(K_o + U/2)$	$(K_o - U/2)$	$K_o (K_o + U/2)$	$K_o (K_o - U/2)$

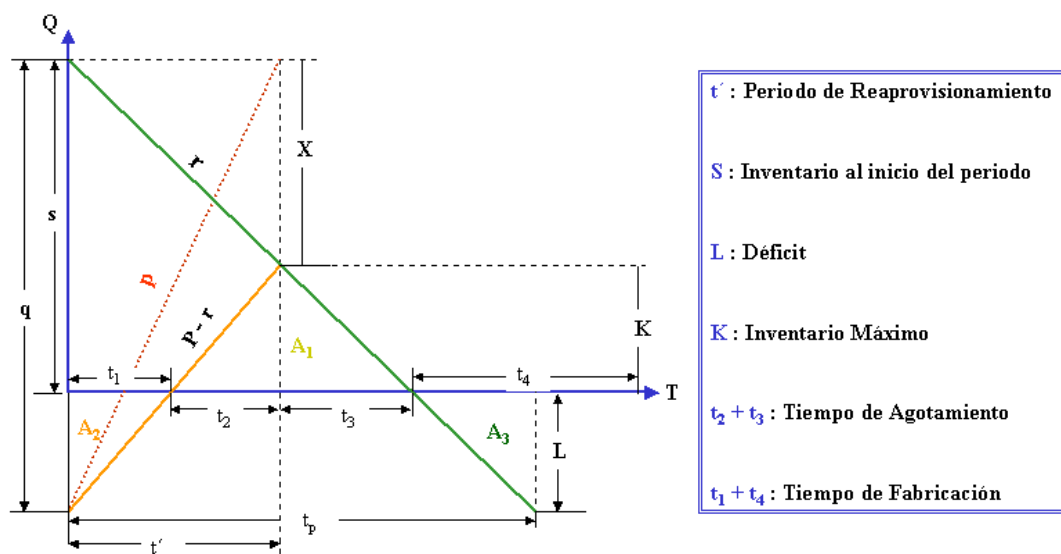
### c. Modelo Inventario Máximo – Lote Económico

En la figura 47, se presentan los tipos de variables existentes para cada modelo de Inventario Máximo. Este modelo controla todos los costos.

- **Inventario Máximo – Lote Económico Tipo 1: Reaprovisionamiento no Instantáneo y Variable Continua**

Los componentes de costo de este modelo son los mismos del modelo de inventario máximo con demanda continua y reaprovisionamiento instantáneo. A diferencia que el costo de ordenar una orden de compra se reemplaza por el costo de organizar una tanda de producción.

En la figura 54, se muestra esquemáticamente este modelo.

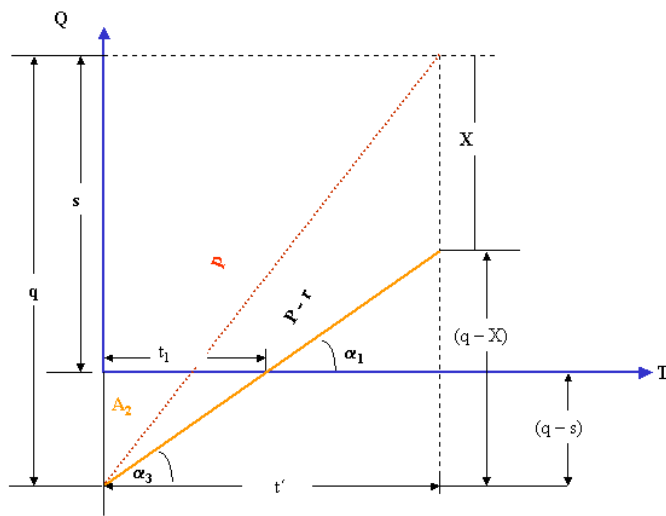


**Figura 54. Gráfico del Modelo de Inventario Máximo con Reaprovisionamiento No Instantáneo y Variable Continua**

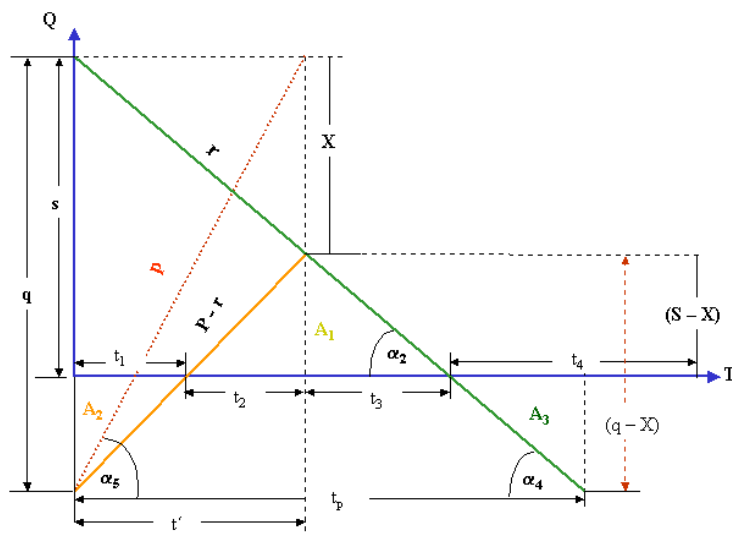
*Demostración del modelo*

Para demostrar este modelo es necesario analizar la figura 55.





(a)



(b)

**Figura 55. Gráfico Modelo Inventario Máximo Lote Económico con Reaprovisionamiento No Instantáneo y Variable Continua**

Los costos del modelo son los siguientes:  $C_1 = \frac{c_1 \cdot A_1}{t_p}$      $C_2 = \frac{c_2 \cdot A_2}{t'}$      $C_3 = \frac{c_3 \cdot r}{q}$

De la figura 55-a se deduce lo siguiente:  $A_2 = \frac{t_1 \cdot (q - s)}{2}$

Por semejanza de triángulo,  $\frac{t_1}{t'} = \frac{(q - s)}{(q - x)} \Rightarrow t_1 = \frac{t' \cdot (q - s)}{(q - x)}$

donde  $r = X / t'$  y  $t' = q / p$ ; entonces,  $X = \frac{r \cdot q}{p}$

Reemplazando X por  $\frac{r \cdot q}{p}$  tenemos:  $t_1 = \frac{t' \cdot (q - s)}{q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}$

$$A_2 = \frac{t' \cdot (q - s)}{q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)} \cdot \left(\frac{q - s}{2}\right) = \frac{t' \cdot (q - s)^2}{2 \cdot q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}$$

$$C_2 = \frac{c_2 \cdot A_2}{t'} = \frac{t' \cdot (q - s)^2 \cdot c_2}{2 \cdot q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right) \cdot t'}$$

$$\boxed{C_2 = \frac{(q - s)^2 \cdot c_2}{2 \cdot q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}}$$

(3.30)

De la figura 55-b se deduce lo siguiente:  $A_1 = \frac{(t_2 + t_3) \cdot (s - X)}{2}$

$$\frac{t_2 + t_3}{t_p} = \frac{(s - X)}{(q - X)} \Rightarrow t_2 + t_3 = \frac{t_p \cdot (s - X)}{q - X}$$

Pero  $X = \frac{r \cdot q}{p}$  entonces,  $t_2 + t_3 = \frac{t_p \cdot \left(s - \frac{r \cdot q}{p}\right)}{q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)}$

$$C_1 = \frac{c_1 \cdot A_1}{t_p} = c_1 \cdot \left[ \frac{\left( \frac{s - r \cdot q}{p} \right)}{q \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} \right] \left[ \frac{\left( \frac{s - r \cdot q}{p} \right)}{2} \right]$$

$$C_1 = \frac{c_1 \cdot \left( \frac{s - r \cdot q}{p} \right)^2}{2 \cdot q \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} \quad (3.31)$$

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

Modelo Matemático,

$$C_T = \frac{c_1 \cdot \left( \frac{s - r \cdot q}{p} \right)^2}{2 \cdot q \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{(q - s)^2 \cdot c_2}{2 \cdot q \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{c_3 \cdot r}{q} + C_4 \cdot r \quad (3.32)$$

Para hallar la cantidad óptima ( $q_0$ ) se obtienen las derivadas parciales respecto a  $Q$  y  $s$ .

$$\frac{\partial C}{\partial s} = 0 \Rightarrow \frac{2 \cdot c_1 \cdot \left( \frac{s_0 - r \cdot q}{p} \right)}{2 \cdot q_0 \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} - \frac{2 \cdot (q_0 - s_0) \cdot c_2}{2 \cdot q_0 \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} = 0$$

$$c_1 \cdot s_0 - \frac{c_1 \cdot q_0 \cdot r}{p} = c_2 \cdot q_0 - c_2 \cdot s_0 \Rightarrow c_1 \cdot s_0 + c_2 \cdot s_0 = c_2 \cdot q_0 + \frac{c_1 \cdot q_0 \cdot r}{p} \Rightarrow s_0 (c_1 + c_2) = q_0 \left( c_2 + \frac{c_1 \cdot r}{p} \right)$$

Despejando  $s_0$  se obtiene el inventario al inicio del periodo.



$$s_o = \frac{q_o \cdot \left( c_2 + \frac{c_1 \cdot r}{p} \right)}{c_1 + c_2} \quad (3.33)$$

Derivando respecto a Q e igualando a 0, obtenemos:

$$q_o = \left( \sqrt{\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1}} \right) \left( \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{c_2}} \right) \left( \sqrt{\frac{1}{1 - r/p}} \right) \quad (3.34)$$

Reemplazando la ecuación (3.34) en el modelo matemático obtenemos el costo total del modelo:

$$C_T = \left( \sqrt{2 \cdot c_3 \cdot c_1 \cdot r} \right) \left( \sqrt{\frac{c_2}{c_1 + c_2}} \right) \left( \sqrt{1 - r/p} \right) + C_u \cdot r \quad (3.35)$$

Ahora falta determinar los valores de  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  y  $K_0$ .

$$\tan \alpha_1 = \frac{K}{t_2} \implies (p-r) = \frac{K}{t_2} \implies t_2 = \frac{K}{(p-r)} \quad (3.36)$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{K}{t_3} \implies r = \frac{K}{t_3} \implies t_3 = \frac{K}{r} \quad (3.37)$$

$$\tan \alpha_3 = \frac{L}{t_1} \implies (p-r) = \frac{L}{t_1} \implies t_1 = \frac{L}{(p-r)} \quad (3.38)$$

$$\tan \alpha_4 = \frac{L}{t_4} \implies r = \frac{L}{t_4} \implies t_4 = \frac{L}{r} \quad (3.39)$$

$$\tan \alpha_5 = \frac{q}{(t_1 + t_2)} \implies p = \frac{q}{(t_1 + t_2)} \implies (t_1 + t_2) = \frac{q}{p} \quad (3.40)$$

Sumando las ecuaciones (3.37) y (3.39) obtenemos:

$$t_3 = \frac{K}{r}$$

$$\Rightarrow \boxed{(t_3 + t_4) = \frac{K + L}{r}} \quad (3.41)$$

$$t_4 = \frac{L}{r}$$

Donde,  $\boxed{K + L = (t_3 + t_4) \cdot r}$  (3.42)

Sumando las ecuaciones (3.36) y (3.38) obtenemos:

$$t_2 = \frac{K}{(p-r)}$$

$$\Rightarrow \boxed{(t_1 + t_2) = \frac{K + L}{p-r}} \quad (3.43)$$

$$t_1 = \frac{L}{(p-r)}$$

Reemplazando la ecuación (3.42) en la ecuación (3.43), tenemos:

$$\boxed{(t_1 + t_2) \cdot (p-r) = (t_3 + t_4) \cdot r} \quad (3.44)$$

Reemplazando las ecuaciones (3.41) y (3.40) en la ecuación (3.44) obtenemos el inventario máximo ( $K_0$ ).

$$(p-r) \left( \frac{q}{p} \right) = K + L$$

$$\boxed{K_0 = \left( 1 - \frac{r}{p} \right) q - L} \quad (3.45)$$

El tiempo de agotamiento se halla sumando las ecuaciones (3.36) y (3.37)

$$\boxed{\phantom{K_0 = \left( 1 - \frac{r}{p} \right) q - L}}$$

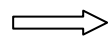
$$t_2 + t_3 = K \cdot \left( \frac{1}{p-r} + \frac{1}{r} \right) \quad (3.46)$$

El tiempo de fabricación se halla sumando las ecuaciones (3.38) y (3.39)

$$\boxed{t_1 + t_4 = L \cdot \left( \frac{1}{p-r} + \frac{1}{r} \right)} \quad (3.47)$$

Ahora si tomamos como referencia la figura 54,

$$A_2 = \frac{L \cdot t_1}{2}$$



$$A_2 + A_3 = \frac{L \cdot (t_1 + t_4)}{2} \Rightarrow \frac{L}{2} \cdot \left( L \cdot \left( \frac{1}{p-r} + \frac{1}{r} \right) \right)$$

$$A_3 = \frac{L \cdot t_4}{2}$$

Entonces,

$$\boxed{A_2 + A_3 = \frac{L^2}{2} \left( \frac{1}{p-r} + \frac{1}{r} \right)} \quad (3.48)$$

$$A_1 = \frac{(t_2 + t_3) \cdot K}{2} = \frac{(t_2 + t_3) \cdot \left( \left( 1 - \frac{r}{p} \right) q - L \right)}{2}$$

$$\boxed{A_1 = \frac{\left( \frac{1}{p-r} + \frac{1}{r} \right) \cdot \left( \left( 1 - \frac{r}{p} \right) q - L \right)^2}{2}} \quad (3.49)$$

El costo total por np periodos es:

$$C_{T(np)} = C_1 \cdot A_1 \cdot \left(\frac{r}{q}\right) + C_2 \cdot A_{(2+3)} \cdot \left(\frac{r}{q}\right) + C_3 \cdot \left(\frac{r}{q}\right) + C_u \cdot r$$

$$C_{T(np)} = C_1 \cdot \left(\frac{r}{q}\right) \left( \left(1 - \frac{r}{p}\right) q - L \right) \left( \frac{1}{\left(1 - \frac{r}{p}\right)} \right)^2 + C_2 \cdot \left(\frac{r}{q}\right) \left( \frac{L^2}{2} \right) \left( \frac{1}{r \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right)} \right) + C_3 \cdot \left(\frac{r}{q}\right) + C_u \cdot r$$

Para simplificar esta operación sea

$$B = \left(1 - \frac{r}{p}\right)$$

$$C_{T(np)} = \frac{c_1}{2 \cdot q} \cdot (B \cdot q - L)^2 \cdot \left(\frac{1}{B}\right) + \frac{c_2 \cdot L^2}{2 \cdot q} \cdot \left(\frac{1}{B}\right) + C_3 \cdot \left(\frac{r}{q}\right) + C_u \cdot r$$

$$C_{T(np)} = \frac{c_1}{2 \cdot q} \cdot (B^2 \cdot q^2 - 2 \cdot B \cdot q \cdot L + L^2) \cdot \left(\frac{1}{B}\right) + \frac{c_2 \cdot L^2}{2 \cdot q} \cdot \left(\frac{1}{B}\right) + C_3 \cdot \left(\frac{r}{q}\right) + C_u \cdot r$$

$$C_{T(np)} = \frac{c_1 \cdot B \cdot q}{2} - c_1 \cdot L + \frac{c_2 \cdot L^2}{2 \cdot q} \cdot \left(\frac{1}{B}\right) + C_3 \cdot \left(\frac{r}{q}\right) + C_u \cdot r$$

Derivando respecto a L se obtiene:

$$\frac{\partial C_T}{\partial L} = 0 \Rightarrow -c_1 + \frac{c_1 \cdot L}{q \cdot B} + \frac{c_2 \cdot L}{q \cdot B} = 0$$

Despejando L se halla el Déficit,

$$\boxed{L = q \cdot \left(1 - \frac{r}{p}\right) \cdot \left(\frac{c_1}{c_1 + c_2}\right)} \quad (3.50)$$

#### Ejercicio 4.11

La demanda de un artículo de una compañía es de 24.000 unidades por año, la compañía puede producir ese artículo a una tasa 4.000 unidades al mes, el costo de organizar una tanda de producción es de \$1.000 y el costo de almacenamiento



de una unidad al mes es de \$0,2, el costo de agotamiento por unidad por año es de \$20 por unidad por año. Si el costo unitario de cada unidad es de \$5.000. Determine:

- a) Cantidad óptima a pedir.
- b) Inventario déficit por periodo.
- c) Inventario máximo.
- d) El tiempo de fabricación.
- e) El tiempo de agotamiento
- f) Costo total del modelo.

Datos:

$$c_3 = \$1.000 / \text{orden de producción}$$

$$c_1 = \$0,2 / \text{unid. al mes}$$

$$c_2 = \$20 / \text{unid. al año}$$

$$r = 24.000 \text{ unid. / año}$$

$$c_u = \$5.000 / \text{unid.}$$

$$p = 4.000 \text{ unid. / mes}$$

### DESARROLLO

a) La cantidad óptima pedida se calcula según la ecuación (3.34).

$$q_o = \left( \sqrt{\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1}} \right) \left( \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{c_2}} \right) \left( \sqrt{\frac{1}{1 - r/p}} \right)$$

$$q_o = \left( \sqrt{\frac{2 \cdot (1.000) \cdot (24.000)}{(0,2) \cdot (12)}} \right) \left( \sqrt{\frac{(0,2) \cdot (12) + 20}{20}} \right) \left( \sqrt{\frac{1}{1 - 24.000 / (4.000) \cdot (12)}} \right) = 6.690 \text{ unidades}$$

b) El déficit del periodo viene dado por la ecuación (3.50).

$$L = q \left( 1 - \frac{r}{p} \right) \left( \frac{c_1}{c_1 + c_2} \right) = 6.690 \left( 1 - \frac{24.000}{48.000} \right) \left( \frac{(0,2) \cdot (12)}{(0,2) \cdot (12) + 20} \right) = 358,24 \text{ unidades}$$

c) El inventario máximo se calcula con la ecuación (3.45)

$$K_o = \left( 1 - \frac{r}{p} \right) q - L = \left( 1 - \frac{24.000}{48.000} \right) (6.690) - 358,24 = 2.986,76 \text{ unidades}$$

d) El tiempo de fabricación se calcula con la ecuación (3.47)

$$t_1 + t_4 = L \cdot \left( \frac{1}{p-r} + \frac{1}{r} \right) = 358,24 \cdot \left( \frac{1}{48.000 - 24.000} + \frac{1}{24.000} \right) = 0,0298 \text{ año}$$

e) El tiempo de agotamiento se calcula con la ecuación (3.46) .

$$t_2 + t_3 = K \cdot \left( \frac{1}{p-r} + \frac{1}{r} \right) = 2.986,76 \cdot \left( \frac{1}{48.000 - 24.000} + \frac{1}{24.000} \right) = 0,248 \text{ año}$$

g) Costo total del modelo se halla por la ecuación (3.35).

$$C_T = (\sqrt{2 \cdot c_3 \cdot c_1 \cdot r}) \left( \sqrt{\frac{c_2}{c_1 + c_2}} \right) \left( \sqrt{1 - \frac{r}{p}} \right) + C_u \cdot r$$

$$C_T = (\sqrt{2 \cdot (1.000) \cdot (0,2) \cdot (12) \cdot (24.000)}) \left( \sqrt{\frac{20}{0,2 \cdot (12) + 20}} \right) \left( \sqrt{1 - \frac{24.000}{48.000}} \right) + 5.000 \cdot (24.000)$$

$$C_T = \$120.007.171$$

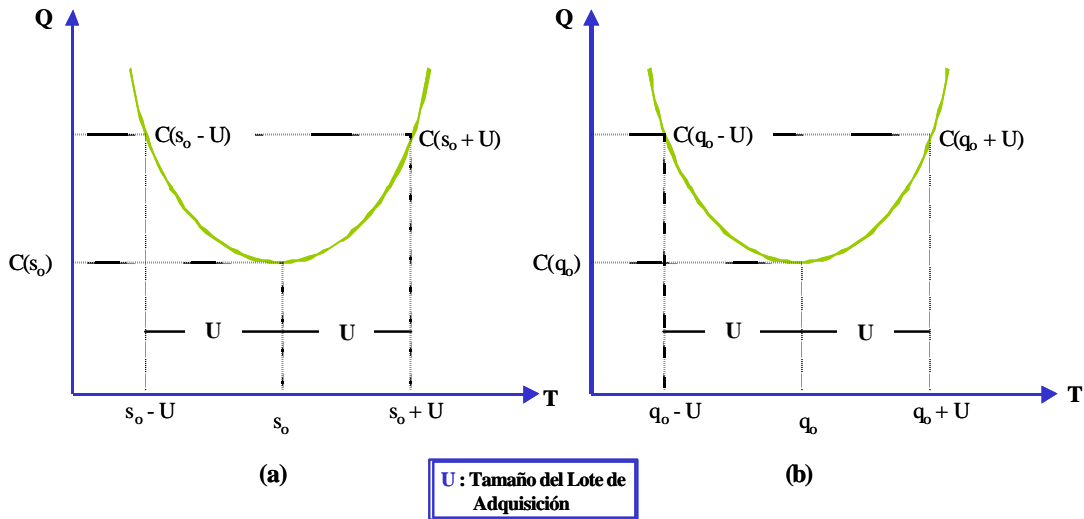
- **Inventario Máximo – Lote Económico Tipo 2: Reaprovisionamiento No Instantáneo y Variable Discreta**

Los costos son los mismos del modelo con reaprovisionamiento no instantáneo y variable continua:

$$C_1 = \frac{c_1 \cdot \left( s - \frac{r \cdot q}{p} \right)^2}{2 \cdot q \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} \quad C_2 = \frac{(q-s)^2 \cdot c_2}{2 \cdot q \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} \quad C_3 = \frac{c_3 \cdot r}{q}$$

$$C_T = \frac{c_1 \cdot \left( s - \frac{r \cdot q}{p} \right)^2}{2 \cdot q \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{(q-s)^2 \cdot c_2}{2 \cdot q \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{c_3 \cdot r}{q} + C_u \cdot r$$

En la figura 56, se ilustra gráficamente este modelo.



**Figura 56. Gráfico Modelo Inventario Máximo Lote Económico con Reaprovisionamiento No Instantáneo y Variable Discreta**

*Demostración del modelo*

De la figura 33 se puede decir lo siguiente:

$$C_{(s_o, q_o)} = \frac{c_1 \left( s_o - \frac{r \cdot q_o}{p} \right)^2}{2 \cdot q_o \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{(q_o - s_o)^2 \cdot c_2}{2 \cdot q_o \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{c_3 \cdot r}{q_o} + C_u \cdot r$$

$$C_{(s_o+u, q_o)} \geq C_{(s_o, q_o)}$$

$$\implies C_{(s_o-u, q_o)} \geq C_{(s_o, q_o)} \leq C_{(s_o+u, q_o)}$$

$$C_{(s_0-u, q_0)} \geq C_{(s_0, q_0)}$$

$$C_{(s_0, q_0+u)} \geq C_{(s_0, q_0)}$$

$$\implies C_{(s_0, q_0-u)} \geq C_{(s_0, q_0)} \leq C_{(s_0, q_0+u)}$$

$$C_{(s_0, q_0-u)} \geq C_{(s_0, q_0)}$$

CASO I

$$C_{(s_0+u, q_0)} = \frac{c_1 \left( (s_0+u) - \frac{r \cdot q_0}{p} \right)^2}{2 \cdot q_0 \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{(q_0 - (s_0+u))^2 \cdot c_2}{2 \cdot q_0 \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{c_3 \cdot r}{q_0}$$

$$C_{(s_0-u, q_0)} = \frac{c_1 \left( (s_0-u) - \frac{r \cdot q_0}{p} \right)^2}{2 \cdot q_0 \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{(q_0 - (s_0-u))^2 \cdot c_2}{2 \cdot q_0 \cdot \left( 1 - \frac{r}{p} \right)} + \frac{c_3 \cdot r}{q_0}$$

$$\boxed{q_{(q_0-u)} \geq \left( \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1} \right) \left( \frac{c_1 + c_2}{c_2} \right) \left( \frac{1}{1 - \frac{r}{p}} \right) \leq q_{(q_0+u)}} \quad (3.51)$$

Donde el indicador es:

$$\boxed{\left( \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1} \right) \left( \frac{c_1 + c_2}{c_2} \right) \left( \frac{1}{1 - \frac{r}{p}} \right)} \quad (3.52)$$

CASO II

$$C_{(s_o, q_o + U)} = \frac{c_1 \left( s_o - r \cdot (q_o + U) / p \right)^2}{2 \cdot (q_o + U) \cdot \left( 1 - r/p \right)} + \frac{\left( (q_o + U) - s_o \right)^2 \cdot c_2}{2 \cdot (q_o + U) \cdot \left( 1 - r/p \right)} + \frac{c_3 \cdot r}{q_o + U}$$

$$C_{(s_o, q_o - U)} = \frac{c_1 \left( s_o - r \cdot (q_o - U) / p \right)^2}{2 \cdot (q_o - U) \cdot \left( 1 - r/p \right)} + \frac{\left( (q_o - U) - s_o \right)^2 \cdot c_2}{2 \cdot (q_o - U) \cdot \left( 1 - r/p \right)} + \frac{c_3 \cdot r}{q_o - U}$$

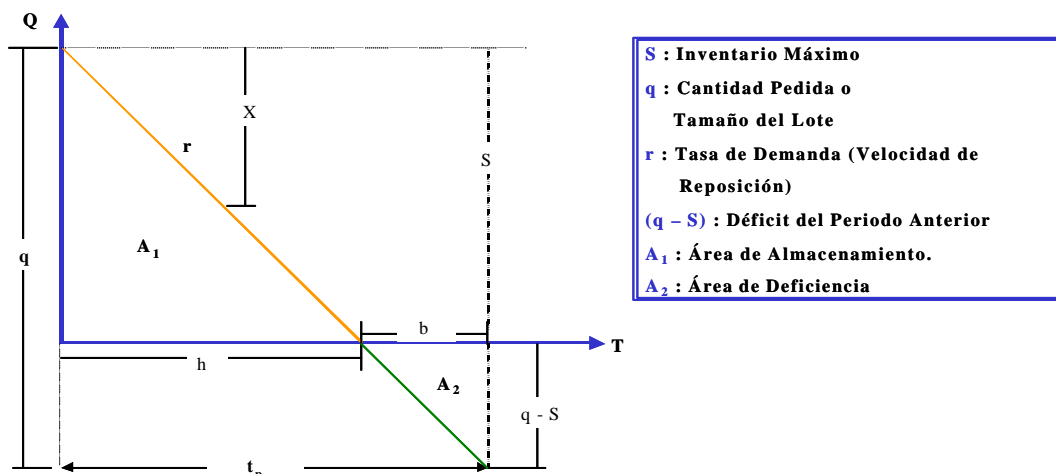
$$\boxed{s_o - U/2 \geq \left( \frac{q_o \cdot c_2}{c_1 + c_2} \right) \leq s_o + U/2} \quad (3.53)$$

Donde el indicador es:  $\boxed{\left( \frac{q_o \cdot c_2}{c_1 + c_2} \right)}$  (3.54)

La forma de resolver este modelo es igual a los anteriores modelos donde las variables son discretas.

- **Inventario Máximo – Lote Económico Tipo 3: Reaprovisionamiento Instantáneo Variable Continua**

En la figura 57, se muestra esquemáticamente el modelo.



## Figura 57. Modelo Inventario Máximo – Lote Económico con Reaprovisionamiento Instantáneo Variable Continua

*Demostración del modelo*

Los costos del modelo vienen dado por:  $C_1 = \frac{c_1 \cdot A_1}{t_p}$     $C_2 = \frac{c_2 \cdot A_2}{t_p}$     $C_3 = \frac{c_3 \cdot r}{q}$

Por semejanza de triángulos se tiene:

$$A_1 = \frac{h \cdot S}{2} \quad A_2 = \frac{b \cdot (q - S)}{2}$$

$$\frac{t_p}{h} = \frac{q}{s} \Rightarrow h = \frac{t_p \cdot S}{q}$$

$$A_1 = \frac{h \cdot S}{2} = \frac{S}{2} \left( \frac{t_p \cdot S}{q} \right) = \frac{S^2 \cdot t_p}{2 \cdot q}$$

$$b = t_p - h \Rightarrow b = t_p - \frac{t_p \cdot S}{q} = \frac{t_p \cdot q - t_p \cdot S}{q} \Rightarrow b = \frac{t_p \cdot (q - S)}{q}$$

$$A_2 = \frac{(q - S)}{2} \left( \frac{t_p \cdot (q - S)}{q} \right) \Rightarrow A_2 = \frac{t_p \cdot (q - S)^2}{2 \cdot q}$$

Entonces,

$$C_1 = \frac{c_1 \cdot A_1}{t_p} = \frac{c_1}{t_p} \left( \frac{S^2 \cdot t_p}{2 \cdot q} \right)$$

$$\boxed{C_1 = \frac{c_1 \cdot S^2}{2 \cdot q}} \quad (3.55)$$

$$C_2 = \frac{c_2 \cdot A_2}{t_p} = \frac{c_2}{t_p} \left( \frac{t_p \cdot (q - S)^2}{2 \cdot q} \right)$$

$$\boxed{C_2 = \frac{c_2 \cdot (q - S)^2}{2 \cdot q}} \quad (3.56)$$

El modelo Matemático será:

$$\boxed{C_T = \frac{c_1 \cdot S^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot (q - S)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q} + C_u \cdot r} \quad (3.57)$$

En la ecuación (3.57) existen dos variables (S y q) por lo que se obtienen las derivadas parcial respecto a cada variable y se iguala a cero.

$$\frac{\partial C_T}{\partial S} = 0 \Rightarrow \frac{2 \cdot c_1 \cdot S_o}{2 \cdot q_o} - \frac{2 \cdot c_2 \cdot (q_o - S_o)}{2 \cdot q_o} = 0$$

$$\frac{c_1 \cdot S_o}{q_o} = \frac{c_2 \cdot (q_o - S_o)}{q_o} \Rightarrow c_1 \cdot S_o = c_2 \cdot q_o - c_2 S_o$$

Despejando  $S_o$  se obtiene el inventario Máximo.

$$\boxed{S_o = q_o \cdot \left( \frac{c_2}{c_1 + c_2} \right)} \quad (3.58)$$

Realizando la derivada parcial respecto a q e igualando a cero, obtenemos la cantidad óptima ( $q_o$ )

$$\boxed{q_o = \left( \sqrt{\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1}} \right) \left( \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{c_2}} \right)} \quad (3.59)$$

El costo óptimo se obtiene reemplazando  $S_o$  y  $q_o$  en la ecuación (3.57)

$$\boxed{\phantom{C_T = \frac{c_1 \cdot S_o^2}{2 \cdot q_o} + \frac{c_2 \cdot (q_o - S_o)^2}{2 \cdot q_o} + \frac{c_3 \cdot r}{q_o} + C_u \cdot r}}$$



$$C_o = \left( \sqrt{2 \cdot c_1 \cdot c_3 \cdot r} \right) \left( \sqrt{\frac{c_2}{c_1 + c_2}} \right) \quad (3.60)$$

El costo total vendría dado por:

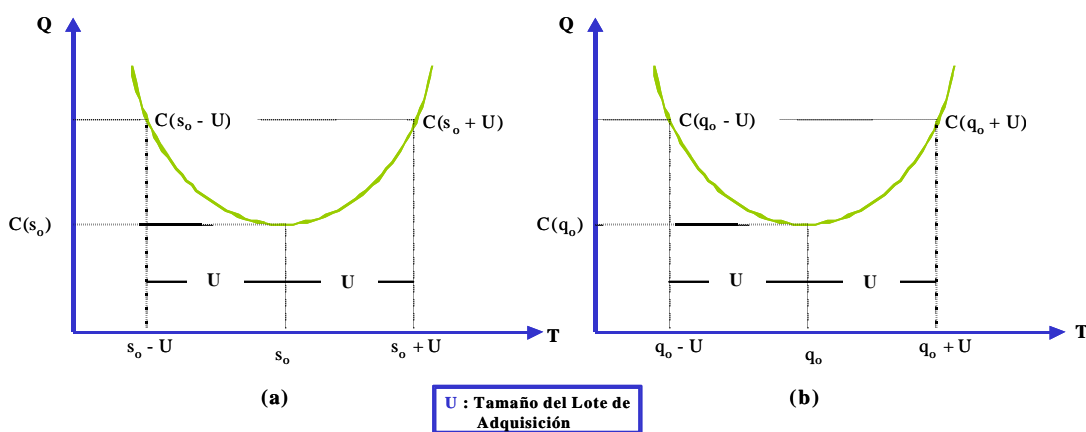
$$C_T = C_o + C_u \cdot r \quad (3.61)$$

- **Inventario Máximo – Lote Económico Tipo 4: Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

Los costos del modelo son los mismos del modelo con reaprovisionamiento instantáneo y variable discreta.

$$C_T = \frac{c_1 \cdot S^2}{2 \cdot q} + \frac{c_2 \cdot (q - S)^2}{2 \cdot q} + \frac{c_3 \cdot r}{q} + C_u \cdot r$$

En la figura 58, se ilustra esquemáticamente el modelo.



**Figura 58. Modelo Inventario Máximo – Lote Económico con Reaprovisionamiento Instantáneo Variable Discreta**

*Demostración del modelo*

De la figura 58, se puede decir lo siguiente:

$$C_{(s_o, q_o)} = \frac{c_1 \cdot s_o^2}{2 \cdot q_o} + \frac{(q_o - s_o)^2 \cdot c_2}{2 \cdot q_o} + \frac{c_3 \cdot r}{q_o} + C_u \cdot r$$

$$C_{(s_o+u, q_o)} \geq C_{(s_o, q_o)}$$

$$\implies C_{(s_o-u, q_o)} \geq C_{(s_o, q_o)} \leq C_{(s_o+u, q_o)}$$

$$C_{(s_o-u, q_o)} \geq C_{(s_o, q_o)}$$

$$C_{(s_o, q_o+u)} \geq C_{(s_o, q_o)}$$

$$\implies C_{(s_o, q_o-u)} \geq C_{(s_o, q_o)} \leq C_{(s_o, q_o+u)}$$

$$C_{(s_o, q_o-u)} \geq C_{(s_o, q_o)}$$

### CASO I

$$C_{(s_o+u, q_o)} = \frac{c_1 \cdot (s_o+u)^2}{2 \cdot q_o} + \frac{(q_o - (s_o+u))^2 \cdot c_2}{2 \cdot q_o} + \frac{c_3 \cdot r}{q_o}$$

$$C_{(s_o-u, q_o)} = \frac{c_1 \cdot (s_o-u)^2}{2 \cdot q_o} + \frac{(q_o - (s_o-u))^2 \cdot c_2}{2 \cdot q_o} + \frac{c_3 \cdot r}{q_o}$$

Resolviendo las desigualdades tenemos,

$$\boxed{s_o - u / 2 \geq \frac{q_o \cdot c_2}{c_1 + c_2} \leq s_o + u / 2} \quad (3.62)$$

El indicador es:  $\boxed{\frac{q_o \cdot c_2}{c_1 + c_2}}$  (3.63)

### CASO II

$$C_{(s_o, q_o+U)} = \frac{c_1 \cdot s_o^2}{2 \cdot (q_o + U)} + \frac{((q_o + U) - s_o)^2 \cdot c_2}{2 \cdot (q_o + U)} + \frac{c_3 \cdot r}{(q_o + U)}$$

$$C_{(s_o, q_o-U)} = \frac{c_1 \cdot s_o^2}{2 \cdot (q_o - U)} + \frac{((q_o - U) - s_o)^2 \cdot c_2}{2 \cdot (q_o - U)} + \frac{c_3 \cdot r}{(q_o - U)}$$

Resolviendo las desigualdades, obtenemos,

$$q_o(q_o - U) \geq \frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1} \left( \frac{c_1 + c_2}{c_2} \right) \leq q_o(q_o + U) \quad (3.64)$$

El indicador es:  $\frac{2 \cdot c_3 \cdot r}{c_1} \left( \frac{c_1 + c_2}{c_2} \right) \quad (3.65)$

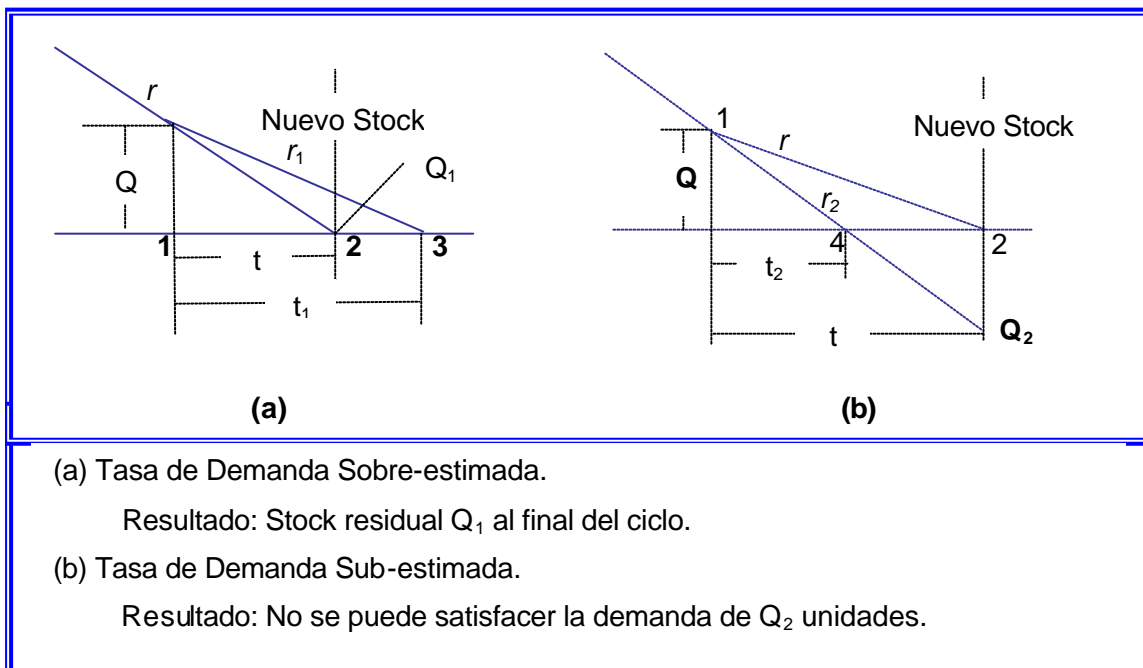
En el cuadro 31 se resumen las principales formulas relacionadas con los modelos determinísticos visto en esta sección.

## 2. Modelo Probabilístico

Hemos señalado anteriormente que si se pueden determinar con exactitud los factores que rigen el comportamiento del sistema no hay necesidad de planear un stock de seguridad. El objeto del stock de seguridad es proteger contra la incertidumbre, tanto la debida a las variaciones de la tasa de consumo como la consiguiente a la determinación del tiempo de reposición. En un determinado punto de la curva de consumo hay que tomar una decisión con respecto de la reposición. Se trata de una situación típica de un sistema de dos grupos. Debe efectuarse una previsión de la tendencia del consumo sobre la base de los datos del pasado y de la información obtenida acerca de los posibles cambios de la demanda en un futuro relativamente próximo. Este “punto de predicción”, como

también se le denomina, no debe seleccionarse en una posición demasiado baja de la curva de consumo, para evitar que no se disponga del tiempo necesario para la reposición del stock.

¿Cuáles son los efectos o el costo de la incertidumbre? La figura 59-a, describe una situación en la que se sobreestima la tasa de consumo. En el punto 1 (el punto de predicción) la tasa de consumo prevista es  $r$ , de forma que el stock deberá agotarse en el punto 2. No obstante la tasa real es menor [ $r_1 = r (1 - a)$ ], y en la práctica el stock agota en el punto 3 ( $t$  días después del punto de predicción), por que se obtendrá un stock residual  $Q_1$ , que pasará al ciclo siguiente.



**Figura 59. Dos posibles consecuencias de la Incertidumbre de una Demanda Continua**

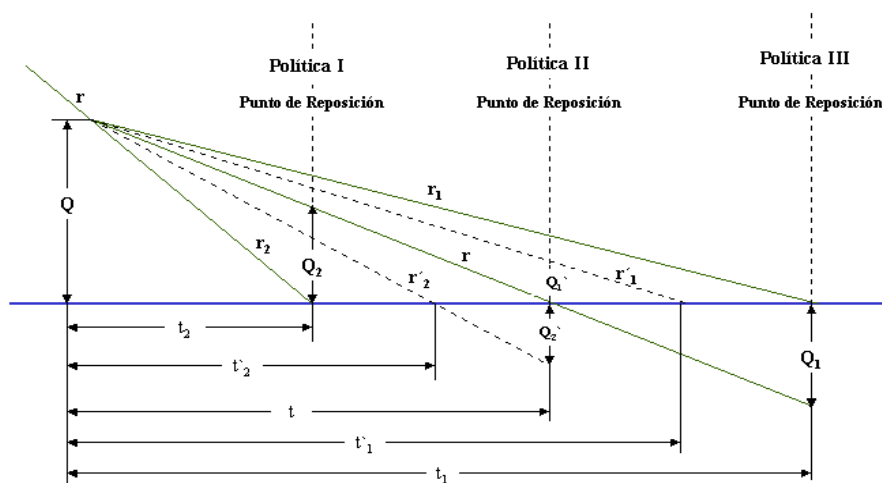
Supongamos ahora que se subestima la tasa de consumo (figura 59-b), que la tasa real es  $r_2 = r (1 + a)$ , siendo  $a$  la tasa prevista. En realidad stock se agotará en el punto 4 ( $t_2$  días después del punto de predicción), pero como las previsiones indicaron que el stock alcanzaría el punto 2, no se podrá satisfacer la demanda del período  $t - t_2$ , lo cual significa que en el caso de una demanda continua no se podrá proveer stock  $Q_2$

La imposibilidad de satisfacer la demanda supone una penalización, pero será interesante distinguir dos situaciones, a saber: la insuficiencia de oferta a los clientes, y la del abastecimiento del circuito de montaje.

### **Comparación de la políticas de reposición**

A menudo se expresa la tasa de consumo prevista como un valor medio esperado y una estimación de las variaciones que puedan producirse. Supongamos que la tasa de consumo prevista es  $r(1 \pm a)$ , y se espera que la tasa este comprendida entre dos limites extremos, con un determinado grado de seguridad (por ejemplo 99%). Ello significa que se espera que solo en 1% de los casos la tasa de consumo sea exterior a dicho intervalo. Si se considera que 1% es un porcentaje demasiado alto, será preciso elegir limites más amplios y un nivel de seguridad más elevado. ¿Cuál es la política de reposición óptima?.

La figura 60, muestra esta situación, considera desde el punto de predicción. El límite superior de la tasa de consumo es  $r_2 = r(1+a)$  y el tiempo limite inferior,  $a_1 = (1-a)$ . A continuación se presentan tres políticas de reposición: optimista, realista y pesimista.



**Figura 60. Análisis de las Tres Políticas de Reposición**

**1. Política Optimista.** Según esta política, operamos con seguridad, es decir, se planea situación en la que se da la tasa de consumo máxima,  $y$ , como no queremos que se agote el stock, se planea la reposición para dentro  $t_2$  días. La tasa media de consumo esperada es  $r$ , por lo que se espera que permanezca sin consumir un stock medio  $Q_2$ .

**2. Política Realista.** En este caso se planea la reposición para dentro de  $t$  días, es decir, se toma como criterio orientador la tasa media de consumo esperada. Si la distribución de las tasas esperadas es simétrica con relación al valor medio  $r$ , las probabilidades de que la tasa real sea superior o inferior a la medida son 50: 50.

**3. Política Pesimista.** En este caso adoptamos una oscura visión de las cosas y planeamos la reposición en el nivel más bajo, es decir, dentro de  $t_1$  días. Esta política conduce inevitablemente al agotamiento del stock, y dentro del intervalo de seguridad, no pasará ningún stock al siguiente ciclo.

En los modelos probabilísticos señalamos que debido a la incertidumbre el control cuantitativo de las existencias requería un estudio detallado. pueden producirse variaciones imprevistas de la tasa de consumo y del tiempo de reposición, y las meras combinaciones de tales factores pueden provocar serias desviaciones del stock en el punto de reposición con respecto del nivel previsto. La cantidad señalada del pedido también puede verse expuesta a variaciones: se puede encargar una cantidad, y recibir otra, con una diferencia debida a errores o perturbaciones del almacén del suministrador, o bien al rechazarse algunos productos por la inspección de calidad.

Por ello hay que estudiar la distribución de las variables que influyen en el sistema de control de existencias, y en forma que expresen las esperanzas puestas e el comportamiento del sistema. Se pueden construir modelos de existencias y tratar de hallar el valor de las variables en el punto óptimo. A continuación se mostrarán algunos de ellos, pero antes se analizarán algunas expresiones necesarias para el análisis de

estos modelos.

**Observaciones matemáticas acerca de las notaciones y las derivaciones empleadas**

Si  $f(D)$  es la función de densidad de la probabilidad de la demanda, la probabilidad de que se requiera una cantidad no superior a  $Q$  será:

$$\int_0^Q f(D)dD = F$$

La probabilidad acumulativa total de la demanda será:

$$\int_0^{\infty} f(D)dD = 1$$

En consecuencia, la probabilidad de la demanda de una cantidad  $D$ , para  $D > Q$ , será:

$$\int_Q^{\infty} f(D)dD = \int_0^{\infty} f(D)dD - \int_0^Q f(D)dD = 1 - F$$

**a. Modelo Lote Económico**

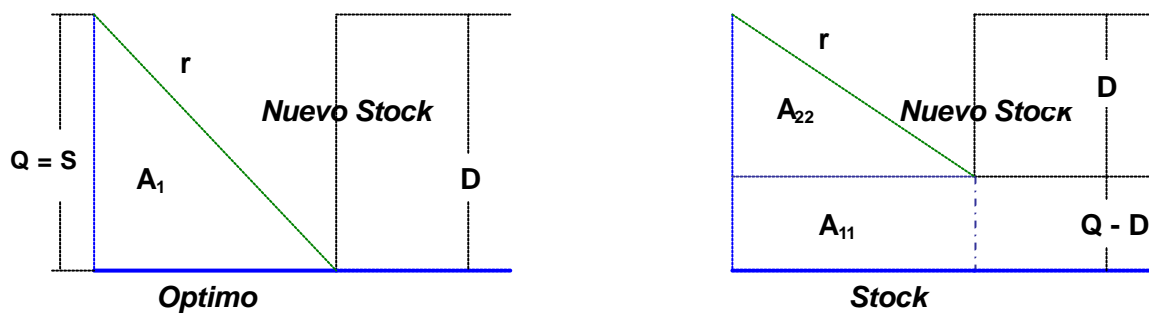
- **Lote Económico Tipo 1: Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

Suponiendo que la demanda es continua y que se dispone de un stock  $Q$  (ver figura 61), se planea la reposición al cabo de un período  $T$ . La demanda es  $D$ , y su función de densidad de probabilidad es  $f(D)$ . Cuando  $D < Q$ , sobrará un stock  $Q - D$ , que pasará al ciclo siguiente, con un costo diario unitario  $C_1$ .

Por definición de Lote Económico:

Costo Total / año = Costo de Almacenamiento / año + Costo de ordenar una compra / año + Costo Unitario / año

$$C_T = C_1 + C_3 + C_u(\text{demanda})$$



**Figura 61. Modelo Lote Económico con Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

*Demostración del modelo*

$$C_1 = \frac{c_1 A_1}{t} \quad C_3 = \frac{c_3}{t}$$

De acuerdo con la figura 61, se tiene:

$$A_{11} = t(S - D) \text{ y } A_{12} = \frac{tD}{2}$$

Entonces el área total es:

$$A = t(S - D) + \frac{tD}{2} = t \left[ (S - D) + \frac{D}{2} \right]$$



$$A = t \left( S - \frac{D}{2} \right) \text{ pero, } r = S / t, \text{ entonces } t = S / r$$

Donde:

$$C_1 = \frac{c_1}{t} \left[ t \left( S - \frac{D}{2} \right) \right] \quad C_1 = c_1 \left( S - \frac{D}{2} \right)$$

$$C_1 = c_1 F \left( S - \frac{D}{2} \right) = c_1 \left( S - \frac{D}{2} \right) F(D) dD$$

$$C_3 = c_3 \left( \frac{1}{t} \right) \text{ y } t = S / r$$

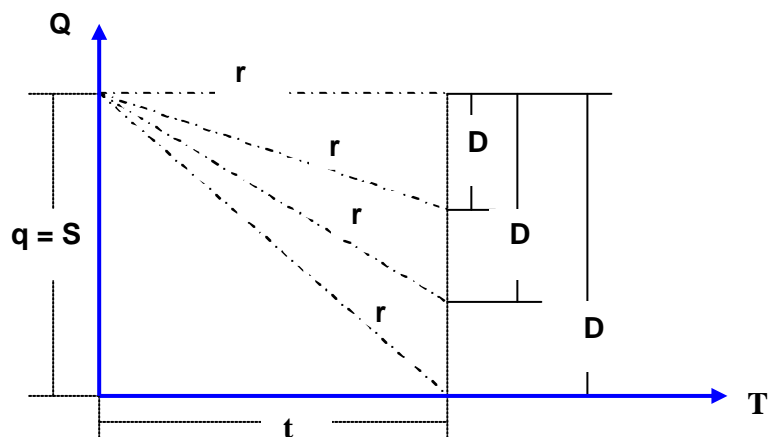
$$\text{Entonces, } C_3 = c_3 \left( \frac{1}{S/r} \right) = c_3 \left( \frac{r}{S} \right)$$

El Modelo Matemático, viene dado por:  $C = c_1 \left( S - \frac{D}{2} \right) F(D) dD + c_3 \left( \frac{r}{S} \right)$

Par optimizar se debe conocer el valor de  $f(D)$ , se integra luego se optimiza y se iguala a cero.

- **Lote Económico Tipo 2: Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

En la figura 62, se muestra gráficamente este modelo.



**Figura 62. Modelo Lote Económico con Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

*Demostración del modelo*

$P(D)$  = Distribución de probabilidad de la demanda para variable discreta.

$$C = c_1 \int_0^S \left( S - \frac{D}{2} \right) P(D) + c_3 \left( \frac{r}{S} \right)$$

Se optimiza utilizando el método de las desigualdades:

$$C_{(S_o+U)} \geq C_{S_o} \quad y \quad C_{(S_o-U)} \leq C_{S_o}$$

**b. Modelo Inventario Máximo**

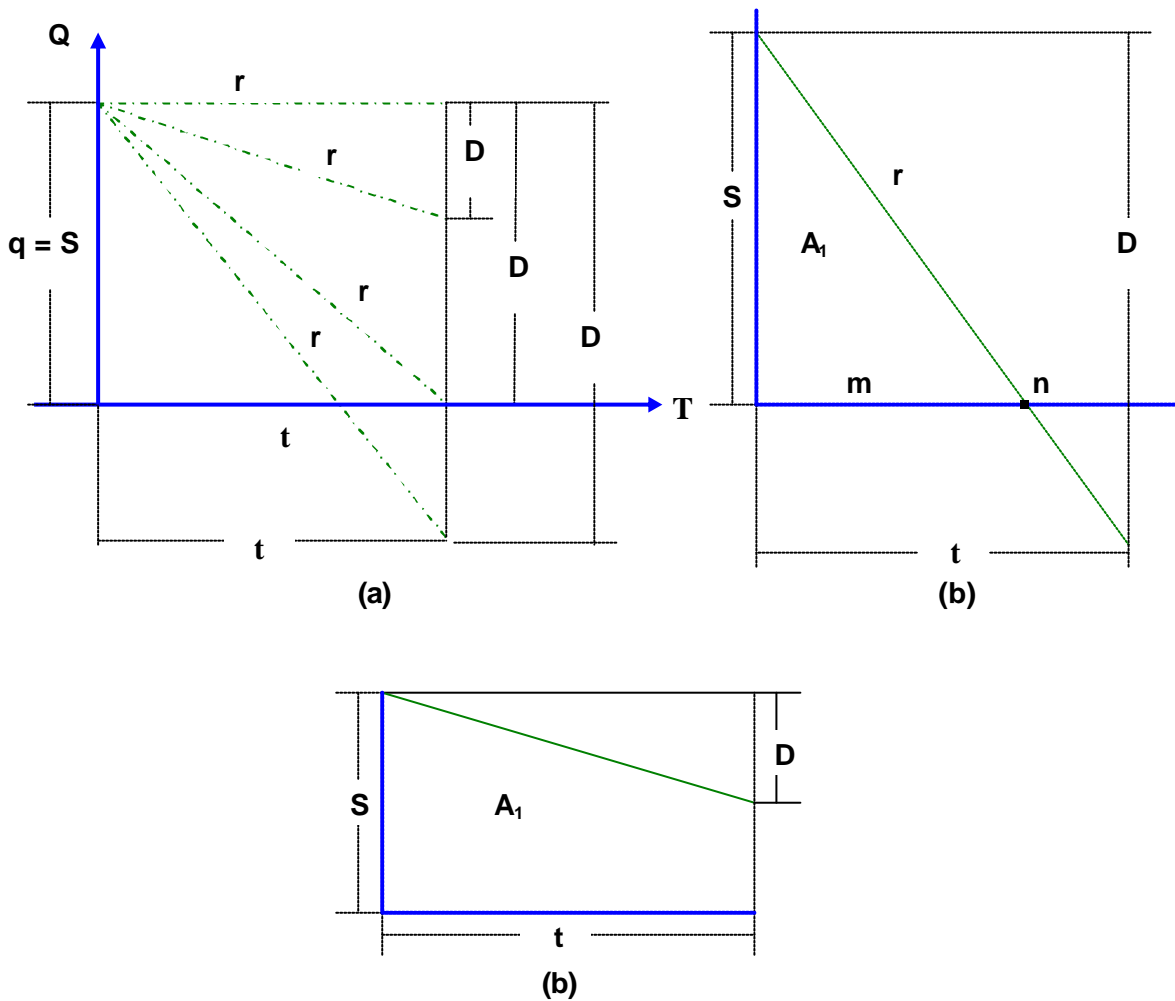
- **Inventario Máximo Tipo 1: Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

$C_T$  = Costo del artículo / año + Costo de Ordenar la compra / año + Costo de

Almacenamiento / año + Costo de Agotamiento / año

$$C_T = C_u(\text{demanda}) + C_3 + C_1 + C_2$$

En la figura 63, se muestra la grafica del modelo.



**Figura 63. Modelo Inventario Máximo con Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

$$C_1 = \frac{c_1 A_1}{t} \quad C_2 = \frac{c_2 A_2}{t} \quad C_3 = \frac{c_3}{t}$$

a) Para  $D \leq S$ , de acuerdo con la figura 63-b se tiene:

$$A_1 = t(S) - \frac{tD}{2} = t\left(S - \frac{D}{2}\right)$$

$$\frac{A_1}{t} = S - \frac{D}{2}$$

b) Para  $D > S$ , de acuerdo con la figura 63-c se tiene:

$$\frac{t}{m} = \frac{D}{S} \quad \text{entonces} \quad m = \frac{tS}{D}$$

$$A_1 = \frac{tS}{2D}(S) \quad \text{entonces} \quad A_1 = \frac{tS^2}{2D}$$

$$\text{Pero, } \frac{A_1}{t} = \frac{S^2}{2D}$$

Entonces  $C_1$  será:

$$C_1 = c_1\left(S - \frac{D}{2}\right) + c_1\left(\frac{S^2}{2D}\right) = c_1\left(S - \frac{D}{2}\right)F(D)dD + c_1\left(\frac{S^2}{2D}\right)F(D)dD$$

Ahora  $C_2$  es:

c) Para  $D \leq S$ , de acuerdo con la figura 63-b se tiene:

$$A_2 = 0, \text{ entonces } \frac{A_2}{t} = 0$$

Para  $D > S$ , de acuerdo con la figura 63-c se tiene:

$$\frac{t}{n} = \frac{D}{D-S} \quad \text{entonces} \quad n = \frac{t(D-S)}{D}$$

$$A_2 = \frac{t(D-S)}{D}(D-S) \quad \text{entonces } A_2 = \frac{t(D-S)^2}{2D}$$

$$\text{Pero, } \frac{A_2}{t} = \frac{(D-S)^2}{2D}$$

Entonces  $C_2$  será:

$$C_2 = c_2 \left( \frac{(D-S)^2}{2D} \right) = c_2 \left( \frac{(D-S)^2}{2D} \right) F(D) dD$$

Y  $C_3$  es:

$$C_3 = \frac{c_3}{t_p}$$

El Modelo Matemático es:

$$C = c_1 \left( S - \frac{D}{2} \right) F(D) dD + c_1 \frac{S^2}{2D} F(D) dD + c_2 \frac{(D-S)^2}{2D} F(D) dD + \frac{c_3}{t_p}$$

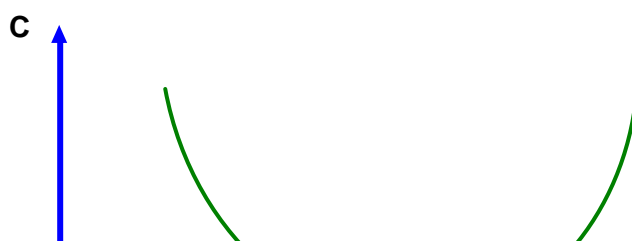
Para poder optimizar se debe conocer la función  $f(D)$ , se integra, se deriva con respecto a  $S$  y se iguala a cero.

- **Inventario Máximo Tipo 2: Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

En la figura 64, se muestra la gráfica del modelo.

$$C = c_1 \int_0^S (S - D/2) P(D) + c_1 \int_{S+U}^S \frac{S^2}{2D} P(D) + c_2 \int_{S+U}^S \frac{(D-S)^2}{2D} P(D) + \frac{c_3}{t_p}$$

Ahora:  $C_{(S_0 - u)} \leq C_{(S_0)} \leq C_{(S_0 + u)}$



**Figura 64. Modelo Lote Económico con Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

Resolviendo estas desigualdades queda:

$$M_{(S_0-u)} \leq \frac{C_2}{C_1+C_2} \leq M_{(S_0)} \text{ donde: } \frac{C_2}{C_1+C_2} \text{ es el indicador.}$$

$$\text{En donde } M_{(S_0)} = \int_0^{S_0} P(D) + (S_0+U/2) \int_{S_0+U}^{S_0} \frac{P(D)}{D}$$

- **Inventario Máximo Tipo 3: Demanda Instantánea al Principio del Periodo, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

En la figura 65-a, se muestra la gráfica del modelo.

$$C_1 = C_1(A_1 / t_p)$$

De acuerdo a la figura 65-b, se tiene:  $A_1 = t_p (S - D)$

$$C_1 = c_1 \left[ \frac{t_p (S - D)}{t_p} \right]$$

$$C_1 = c_1 (S - D) \Rightarrow C_1 = c_1 (S - D) F(D) dD$$

$$C_2 = c_2 (A_2 / t_p)$$

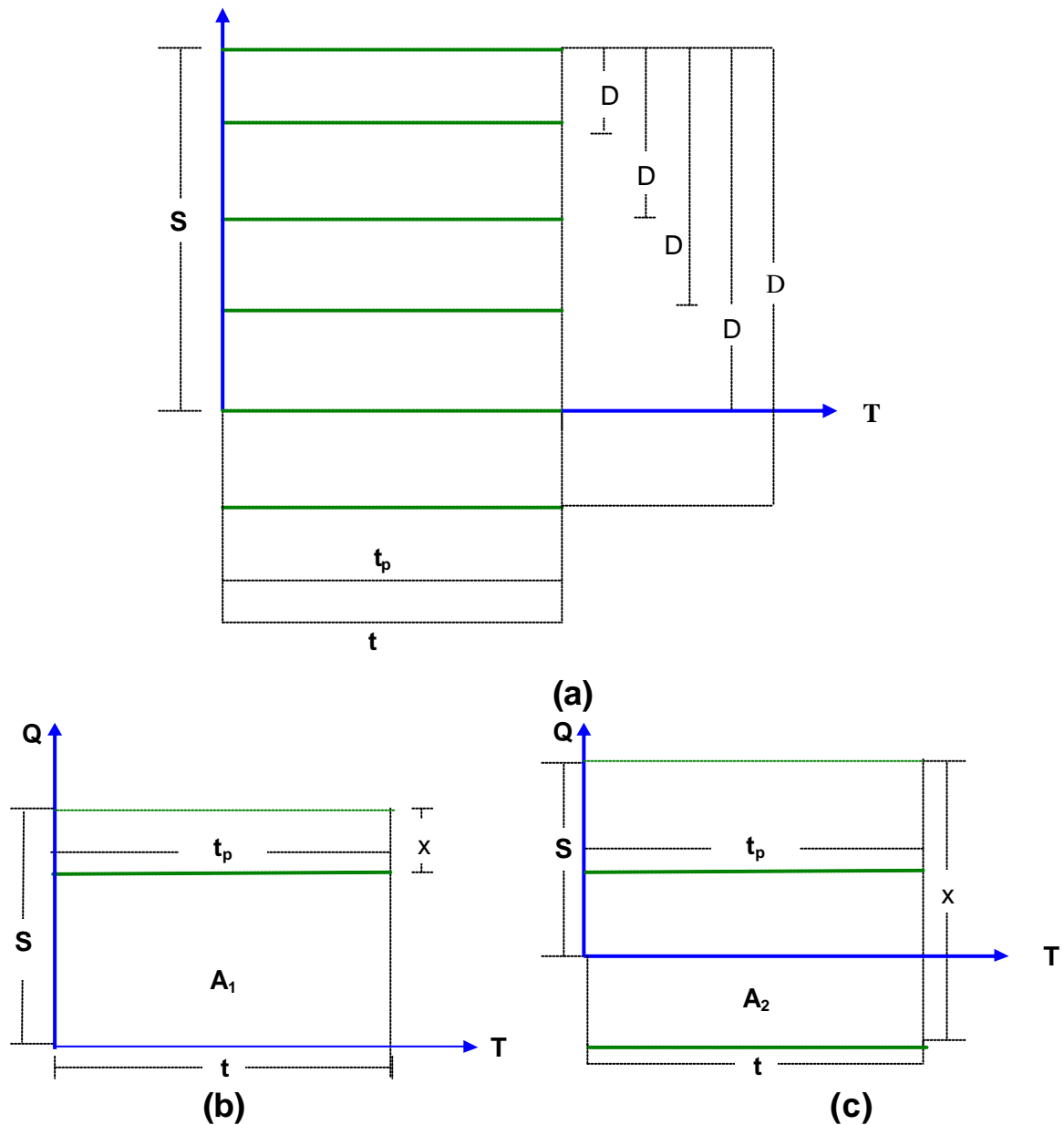


Figura 65. Modelo Lote Económico con Demanda Instantánea al Principio del Periodo, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua

De acuerdo a la figura 65-c se tiene:

$$A_2 = t_p (D - S)$$

$$C_2 = c_2 \left[ \frac{t_p (D - S)}{t_p} \right]$$

$$C_2 = c_2 (D - S) \Rightarrow C_2 = c_2 (D - S) \Rightarrow C_2 = c_2 (D - S) F(D) dD$$

$$C_3 = c_3 / t_p$$

$$C_3 = c_1 (S - D) F(D) dD + c_2 (D - S) F(D) dD + c_3 / t_p$$

Optimizando :  $dC / dS = 0$  se obtiene que:

$$\boxed{F(D) dD = \frac{C_2}{C_1 + C_2}}$$

- **Inventario Máximo Tipo 4: Demanda Instantánea al Principio del Periodo, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

$$C_e = c_1 \int_{D=0}^S (S - D) P(D) + c_2 \int_{D=S+u}^S (D - S) P(D) + c_3 / t_p$$

Se optimiza con el método de las diferencias finitas.

$$C(S_0 + u) \geq C(S_0) \geq C(S_0 - u)$$



Resolviendo las desigualdades se tiene:

$$M(S_0 - u) \leq \frac{c_2}{c_1 + c_2} \leq M(S_0)$$

$$\text{Donde: } M(S_0) = \int_{D=0}^{S_0} P(D)$$

## b. Modelo Inventario Máximo – Lote Económico

- **Inventario Máximo – Lote Económico Tipo 1: Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

La representación esquemática del modelo es la misma que representa la figura 63.

MODELO MATEMÁTICO

$$C_e = c_1(S - D/2)F(D, t)dD + c_1 \frac{S^2}{2D} F(D, t)dD + c_2 \frac{(D - S)^2}{2D} F(D, t)dD + c_3 / t$$

Optimizando:

$$\frac{dC_e}{dS} = 0 \Rightarrow F(D, t)dD + \frac{S_0}{D} F(D, t)dD = \frac{c_2}{c_1 + c_2}$$

Observación: En el modelo matemático,  $c_3 / t$ , no se interpreta como una división, sino, que cada  $t$  periodos se hace un lanzamiento cuyo costo es  $C_3$ .

- **Inventario Máximo – Lote Económico Tipo 2: Demanda Uniforme, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

MODELO MATEMATICO

$$C_e = c_1 \int_{D=0}^S (S-D/2)P(D,t) + c_1 \int_{D=S+u}^S \frac{S^2}{2D} P(D,t) + c_2 \int_{D=S+u}^S \frac{(D-S)^2}{2D} P(D,t) + c_3 / t$$

Optimizando:

$$C(S_0 + u) \geq C(S_0) \geq C(S_0 - u)$$

Resolviendo obtenemos:

$$M(S_0 - u) \leq \frac{c_2}{c_1 + c_2} \leq M(S_0)$$

$$\text{Donde: } M(S_0) = \int_{D=0}^{S_0} P(D,t) + (S_0 + u/2) \int_{D=S_0+u}^S \frac{P(D,t)}{D}$$

- **Inventario Máximo – Lote Económico Tipo 3: Demanda Instantánea al Principio del Periodo, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Continua**

Representación gráfica igual a la figura 65.

MODELO MATEMÁTICO

$$C_e = c_1 (S - D) F(D,t) dD + c_2 (D - S) F(D,t) dD + c_3 / t$$

Optimizando :

$$\frac{dC_e}{dS} = 0 \Rightarrow F(D, t) dD = \frac{c_2}{c_1 + c_2}$$

- **Inventario Máximo – Lote Económico Tipo 4: Demanda Instantánea al Principio del Periodo, Reaprovisionamiento Instantáneo y Variable Discreta**

### MODELO MATEMÁTICO

$$C_e = c_1 \int_{D=0}^S (S - D/2) P(D, t) + c_2 \int_{D=S+u}^S (D - S) P(D, t) + c_3/t$$

Optimizando:

$$C(S_0 + u) \geq C(S_0) \geq C(S_0 - u)$$

$$M(S_0 - u) \leq \frac{c_2}{c_1 + c_2} \leq M(S_0)$$

$$\text{Donde: } M(S_0) = \int_{D=0}^{S_0} P(D, t)$$

En este tipo de ejercicios se presenta la demanda en forma de una función matemática, por lo que la manera de solucionarlos es emplazar la función en cada integral (dependiendo al modelo que se utilice).

Otra forma de solucionarlo es utilizando las distribuciones probabilísticas tales como:

1. Poisson
2. Exponencial
3. Binomial
4. Normal

**1. Distribución de Poisson.** Esta es aplicable a procesos donde existan una observación por una unidad de tiempo o espacio. Una variable aleatoria tiene una distribución de Poisson cuando se pueda tomar todos los valores enteros y positivos.

Donde: 
$$P(X) = \frac{Y^X e^{-Y}}{X!}$$

X = Número de éxitos por unidad de tiempo o espacio.

Y = Número promedio de éxitos o el valor esperado de X, E(x).

E(x) = X P(x), si X es discreta.

E(x) = X f(x)d(x), si X es continua.

**2. Distribución Exponencial.** Esta distribución permite encontrar la posibilidad de no fallar o probabilidad de sobrevivencia ( $P_s$ ).

$P_s = e^{-Y}$ , donde Y equivale a np

**3. Distribución Binomial.** Esta se presenta si durante repetidos ensayos, siendo  $p$  la probabilidad de éxito de un solo ensayo, la cual debe de permanecer fija, y  $q$  la probabilidad de fracaso ( $q = 1 - p$ ), entonces la probabilidad  $p$  de que se obtenga  $r$  éxitos en  $n$  ensayos, es el término del desarrollo Binomial de  $(p + q)^n$

Su expresión matemática es: 
$$P(X) = p^x q^{n-x} \binom{n}{x}$$

**4. Distribución Normal.** Este modelo sirve para explicar ciertas variables aleatorias, la relación que existe entre intervalos de sus valores y sus correspondientes probabilidades.

Su expresión matemática es:

$$f(X) = \frac{N}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2\sigma^2} \quad z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

A continuación se presenta un ejercicio donde se presenta este tipo de situaciones.

### Ejercicio 4.12

Una compañía lleva un producto en inventario que tiene una demanda de distribución normal durante un periodo de reposición. La demanda media promedio durante el periodo de reposición es de 350 unidades y la desviación estándar es de 10. la compañía desea seguir una política cuyos resultados tengan un faltante de inventario del 5%, o del 10%, según lo que sea más conveniente. ¿cuánto es el inventario de seguridad que usted le recomendaría, debe mantener la empresa?. Si los costos de déficit son muy bajos con respecto a los costos de almacenamiento?

Datos:

$$\bar{D} = 350 \text{ unidades}$$

$$s = 10$$

Faltante de Inventario = de 5% o 10%

### DESARROLLO

$$P(X > 350) = 0.05 \quad A_1 = 1 - 0.05 = 0.95$$

$$P(X > 350) = 0.1 \quad A_2 = 1 - 0.1 = 0.9$$

Con  $A_1 = 0.95$  y  $A_2 = 0.9$ , en la tabla de probabilidades de la distribución normal para hallar  $Z$ , obtenemos:

$$P(0.95053) \Rightarrow Z_1 = 1.65$$

$$P(0.90147) \Rightarrow Z_2 = 1.29$$

Analizando la ecuación:  $Z = \frac{x - m}{s}$

El inventario de seguridad está dado por:

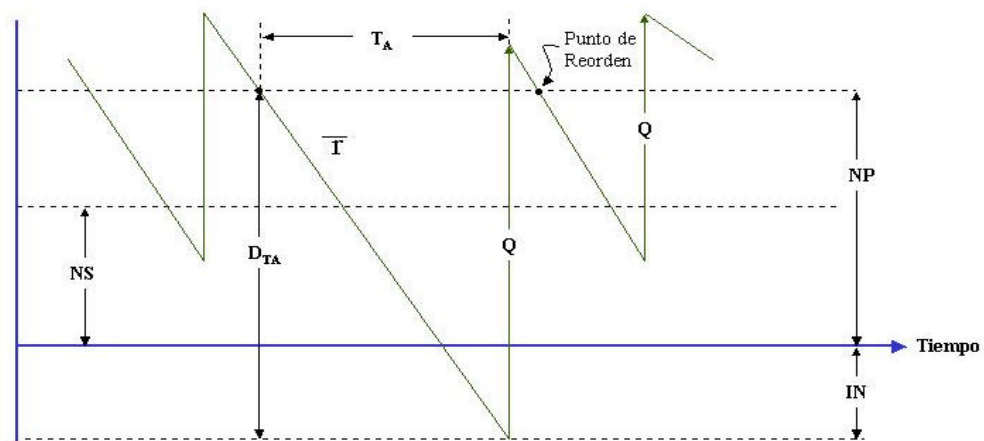
$$\text{Inv. Seguridad} = (X - \mu) = Z_1(\sigma) = (1,65)(10) = 16,5 \cong 17 \text{ unidades}$$

$$Z_2(\sigma) = (1,29)(10) = 12,9 \cong 13 \text{ unidades}$$

Para escoger cual opción tomar se deben analizar los costos de almacenamiento y los de déficit, el enunciado nos dice que los costos de déficit son muy bajos que los costos de almacenamiento, por lo que escogería tener como inventario de seguridad las 13 unidades, sin embargo, en el contexto global, se tiene que analizar desde el punto de vista de los costos totales, o desde la incidencia del déficit.

#### 4.5.2.3 Sistemas P y Q

a. **SISTEMA P.** Es un sistema de reorden de pedidos por ciclos fijos y cantidades variables de compras. ver figura 66.



$T_A$ = Tiempo de Anticipación	$IN$ = Insuficiencia durante un ciclo
$NP$ = Nivel de Pedido	$D_{TA}$ = Demanda en Tiempo de Anticipación
$NS$ = Nivel de Seguridad	$\bar{I}$ = Demanda Media

**Figura 66. Esquema del Sistema P**

El sistema P puede ser Determinístico y con tasa de demanda constante cuando es así la diferencia entre este sistema y el sistema Q. Se presentan diferencias entre los dos sistemas cuando la demanda, el tiempo de anticipación o ambos se

vuelven probabilísticos. Por ello, en esta sección se presentan las consideraciones probabilísticas.

Un enfoque para manejar sistemas probabilísticos de inventarios es suponer un modelo de inventario basado en existencias de seguridad (existencias amortiguadoras). Las existencias de seguridad sirven de amortiguador para absorber las variaciones de la demanda y del tiempo de anticipación. También sirven como medio de regulación de las unidades agotadas.

El sistema P maneja los ciertos supuestos, ventajas y desventajas. A continuación se mencionan:

#### *Supuestos*

- La demanda es probabilística pero estacionaria.
- El periodo de revisión ( $T_P$ ) es seleccionado con criterios de conveniencia administrativa y discriminación por el sistema ABC.
- Los pedidos son recibidos en su orden de lanzamiento.
- Siempre se realiza un pedido en cada revisión.

#### *Ventajas*

- No exige el control de inventario en forma permanente
- Facilita la planeación de los materiales en un horizonte mayor

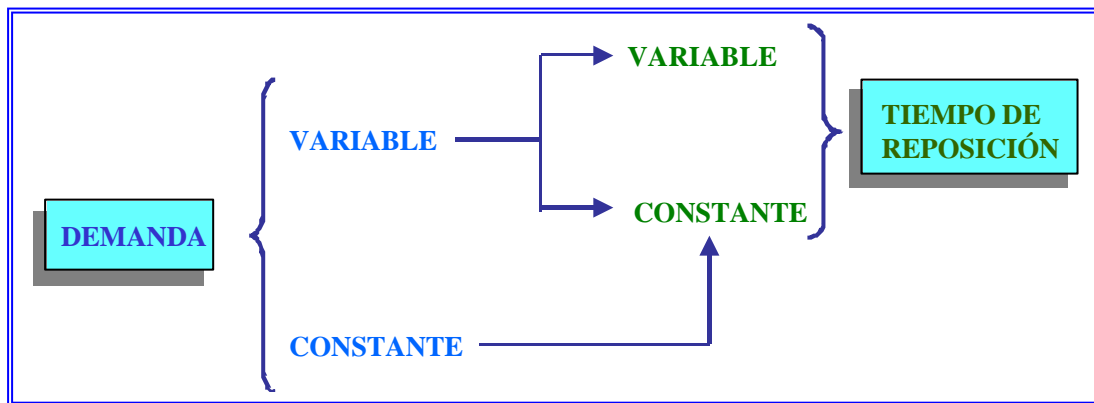
#### *Desventajas*

- Existe el riesgo de generación de sobrantes



- Cualquier incumplimiento en el tiempo de entrega del proveedor, puede generar pedidos pendientes aún en condiciones de déficit del inventario.

En el sistema P se presentan diferentes combinaciones entre la demanda y el tiempo de reposición tal como se muestra en la figura 67.



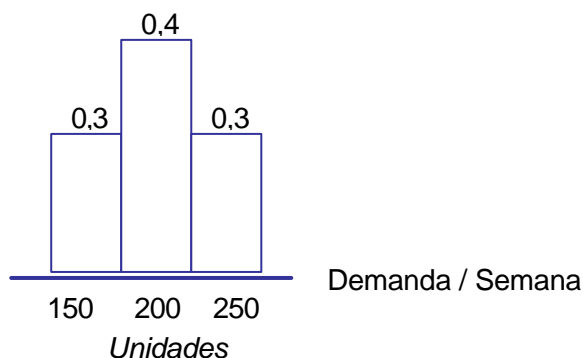
**Figura 67. Clasificación Del Sistema P**

La clasificación del sistema P se explicará mediante ejemplos.

- **Sistema P. Tipo 1: Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Constante**

#### Ejercicio 4.13

Se desea un inventario de tipo P con base en los siguientes datos. La demanda de un artículo en particular tiene la distribución indicada en la figura 68, y el tiempo de anticipación L es de 2 semanas. El costo de compra o de reposición es de \$160, el costo de almacenamiento de una unidad es de \$0,1 por semana.



### Figura 68. Distribución de la demanda

#### DESARROLLO

Se determina la cantidad a pedir con base en la demanda promedio ( $\bar{r}$ ):

$$\bar{r} = \frac{150 + 200 + 250}{3} = 200 \text{ unidades}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2C_2 \bar{r}}{C_3}} = \sqrt{\frac{2(160)(200)}{0,1}} = 800 \text{ unidades}$$

Se determina el intervalo entre pedidos igualándolo al tiempo promedio entre pedidos.

$$IP = t = \frac{Q}{\bar{r}} = \frac{800}{200} = 4 \text{ semanas}$$

Puesto que es un sistema P, el inventario de seguridad tiene como base el tiempo de anticipación ( $L = 2$  semanas) más el intervalo entre pedidos ( $IP = 4$  semanas), en total 6 semanas. En este punto puede generarse la distribución de la demanda durante las 6 semanas. Aquí se supone un riesgo nulo de déficit. Esta suposición implica que la demanda máxima durante el periodo de 6 semanas es:

$$D_m = 6(250) = 1.500 \text{ unidades}$$

Por consiguiente, las existencias de seguridad son:

$$IS = D_m - \bar{r}(L + IP) = 1.500 + 200(2 + 4) = 300 \text{ unidades}$$

La regla de pedido de este sistema de inventario P consiste en determinar el inventario disponible cada 4 semanas y pedir la cantidad calculada según la ecuación:

$Q = Q_{\text{óptimo}} + \text{Inventario de Seguridad} - \text{Pedido Pendiente} - \text{Número de existencias} + \text{Demanda Promedio}(\text{Tiempo de Reposición})$

$$Q_1 = 800 + 300 - 0 - 700 + 200(2) = 800$$

$$Q_2 = 800 + 300 - 0 - 500 + 200(2) = 1.000$$

El Costo Total esperado para este sistema, se halla según la ecuación:

$$C = C_2 \bar{r} + C_3 \left( \frac{\bar{r}}{Q} \right) + C_1 \left( \frac{Q}{2} \right) + C_1 (NS) = 20.000 + 2.000 + 2.000 + 1.500 = \$25.500/\text{año}$$

La figura 69, muestra como funciona este sistema con diferentes tasa de demanda.

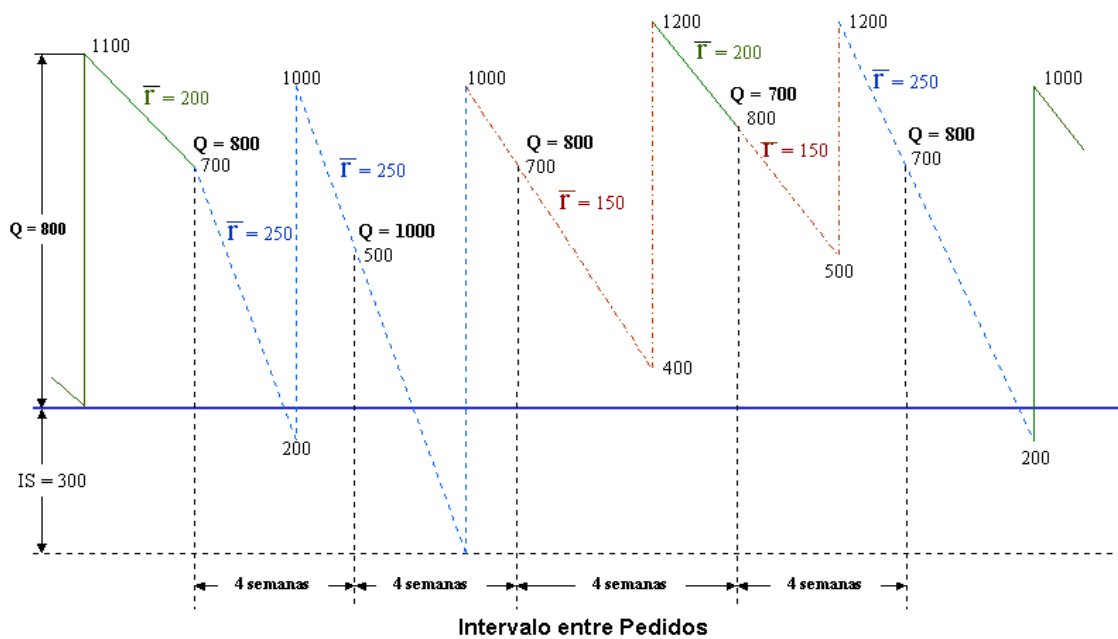


Figura 69. Sistema P (Ejercicio 4.11)

- Sistema P Tipo 2: Demanda Variable y Tiempo variable de anticipación

#### Ejercicio 4.14

En este ejercicio se diseña un sistema P utilizando los datos del ejercicio 4.13. El primer paso es determinar el intervalo entre pedidos. Esto se logra igualando el intervalo entre pedidos al tiempo promedio entre pedidos.

$$IP = t = \frac{Q}{\bar{r}} = \frac{800}{200} = 4 \text{ semanas}$$

El siguiente paso es generar las diferentes demandas durante el tiempo de anticipación más el intervalo entre pedidos. Los posibles valores del tiempo de anticipación más el intervalo entre pedidos son 5, 6 y 7 semanas. Estos valores corresponden a los posibles tiempos de anticipación dados en la figura 70 más el intervalo constante entre pedidos de 4 semanas. En el cuadro 33, se indica el procedimiento de generación de las diferentes demanda. Se supone que es nulo el riesgo de déficit. Por consiguiente, las existencias de seguridad son:

$$IS = D_m - \bar{r} (IP + L) = 1.750 - 200(4 + 2) = 550 \text{ unidades}$$

La regla del pedido de este sistema consiste en determinar el nivel de inventario cada 4 semanas y pedir la cantidad indicada por la ecuación:

$$Q = Q_{\text{óptimo}} + \text{Inventario de Seguridad} - \text{Pedido Pendiente} - \text{Número de existencias} + \text{Demanda Promedio(Tiempo de Reposición)}$$

El costo total esperado de este sistema (IS = 550), es \$26.750 por año.

**Cuadro 33. Esquema de la Generación de la Demanda en el Tiempo de Anticipación más el Intervalo entre pedidos**

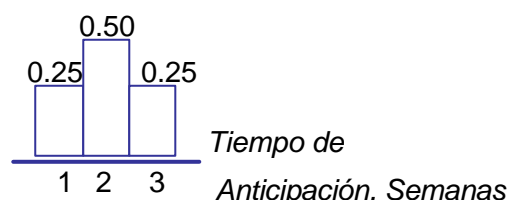
Tiempo de Anticipación más Intervalo entre pedido	Demanda / Unidades	Forma de Ocurrencia							Probabilidad
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	

5 (p = 0.25)	750	150	150	150	150	150	-	-	$0.25(0.3)^5$
	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	1.250	250	250	250	250	250	-	-	$0.25(0.3)^5$
6 (p = 0.50)	900	150	150	150	150	150	150	-	$0.50(0.3)^6$
	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	1.500	250	250	250	250	250	250	-	$0.50(0.3)^6$
7 (p = 0.25)	1.050	150	150	150	150	150	150	150	$0.25(0.3)^7$
	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	1.750	250	250	250	250	250	250	250	$0.25(0.3)^7$

- **Sistema P. Tipo 3: Demanda Constante y Tiempo Variable de Anticipación**

#### Ejercicio 4.15

En este ejemplo se diseña un sistema P utilizando los datos dados en el ejercicio 4.13, a excepción de la demanda y el tiempo de anticipación. En este ejercicio la demanda es de 200 unidades / semana (constante), y el tiempo de anticipación tiene una distribución indicada en la figura 70.



**Figura 70. Distribución del Tiempo de Anticipación**

Los valores de Q y t son los mismos del ejercicio 3.11; esto es, Q = 800 y t = 4 semanas, puesto que este es un sistema P, las existencias de seguridad tiene como base el intervalo entre pedidos (IP = t) más el tiempo promedio de anticipación, y son iguales a:

$$T_A = (IP + L) = 4 + 2 = 6 \text{ semanas}$$

En el cuadro 60, se indican las demandas en el intervalo entre pedidos y los posibles tiempos de anticipación.

Las existencias de seguridad para un riesgo nulo de déficit son:

$$IS = D_m - r(L + IP) = 1.400 - 200(2 + 4) = 200 \text{ unidades}$$

La regla de pedido consiste en determinar el intervalo disponible cada 4 semanas y pedir la cantidad calculada según la ecuación:

$$Q = Q_{\text{óptimo}} + \text{Inventario de Seguridad} - \text{Pedido Pendiente} - \text{Número de existencias} + \text{Demanda Promedio}(\text{Tiempo de Reposición})$$

El costo esperado para las condiciones de este ejemplo es \$25.000 por año. En este ejemplo, el resultado neto es pedir: 800 unidades cada vez que el nivel de inventario sea de 600 unidades. Esto se debe a que con una demanda constante la cantidad del inventario disponible es constante. En la figura 71, se puede observar esta situación, el periodo entre puntos de pedidos es constante e igual a 4 semanas.

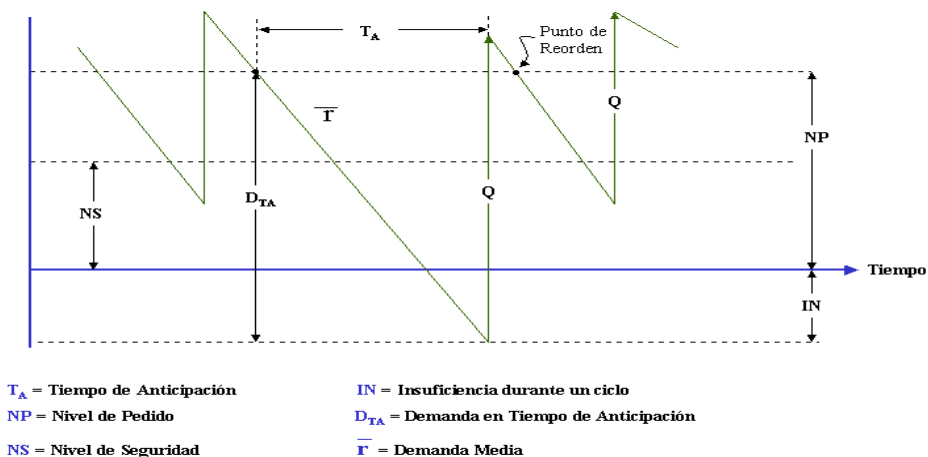
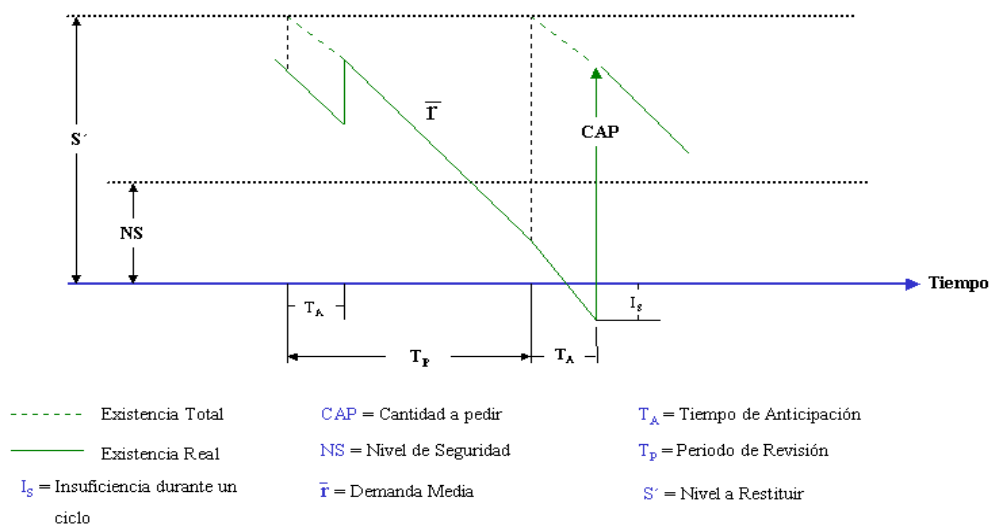


Figura 71. Sistema P (Riesgo Nulo de déficit)

**b. SISTEMA Q.** Es un sistema de reorden de pedidos por ciclos variables y cantidad fija, determinada por el lote económico. La figura 72, muestra esquemáticamente este modelo. El sistema Q al igual que el sistema P maneja ciertos supuestos, ventajas y desventajas.

### Supuestos

- Demanda Probabilística con media y varianza relativamente estable.
- Se alcanza un pedido cuando la existencia total es menor al punto de pedido; los pedidos llegan en su orden de lanzamiento.
- Los costos de un faltante es relativamente alto, por tal motivo el nivel de faltante es pequeño, relativo al nivel de inventarios.



**Figura 72. Esquema del Sistema Q**

### Ventajas

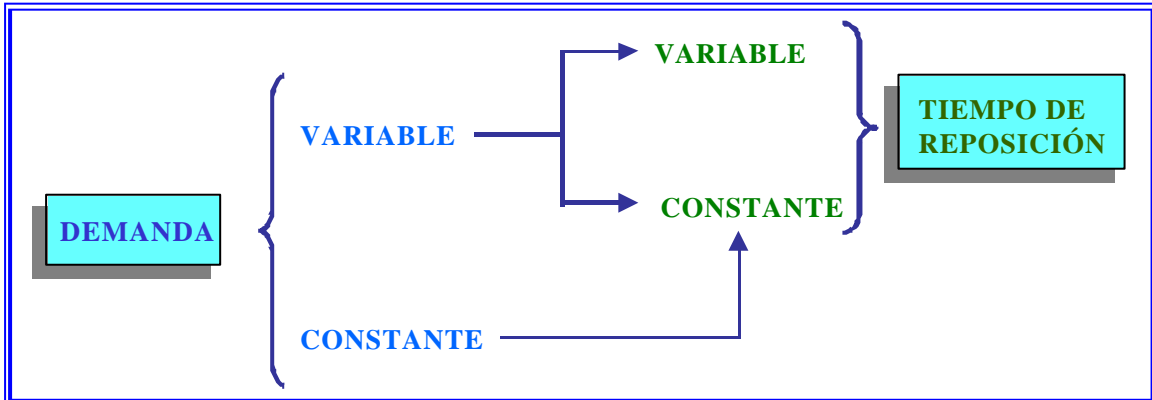
- Mantiene estricto control del inventario, después de cada transacción.

- Se previene la generación de pedidos de materiales en inventario.
- Se previene la generación de sobrantes para la demanda mínima.

#### *Desventajas*

- Cualquier incumplimiento en el tiempo de entrega por parte del proveedor, inmediatamente genera déficit en el inventario.
- Cualquier incumplimiento con el proveedor en la cantidad o calidad, genera déficit.
- Cualquier deterioro o daño por almacenamiento puede agilizar el lanzamiento de un pedido.

En el sistema Q se presentan diferentes combinaciones entre la demanda y el tiempo de reposición tal como se muestra en la figura 73.



**Figura 73. Clasificación Del Sistema Q**

La clasificación del sistema Q, se explicará mediante ejemplos.

- **Sistema Q. Tipo 1: Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Constante**

#### **Ejercicio 4.16**



En este ejemplo se utilizarán los datos del ejemplo 4.13, con la modificación que se requiere un sistema Q.

El primer paso es determinar la cantidad pedida con base en la demanda promedio ( $\bar{r}$ ), esto se determina de la misma manera que en el ejemplo 4.13 ( $Q = 800$  unidades).

El tiempo promedio entre pedidos es:

$$t = \frac{Q}{\bar{r}} = \frac{800}{200} = 4 \text{ semanas}$$

Con el objeto de especificar el punto y las existencias de seguridad, deben calcularse las diversas demandas posibles durante el tiempo de anticipación.

Estas demandas y sus probabilidades asociadas se muestran en el cuadro 34 y se resume en el cuadro 35. La representación gráfica de los valores de la tabla \$ en forma de distribución acumulativa da la figura 74.

**Cuadro 34. Posibles Demandas y Probabilidades**

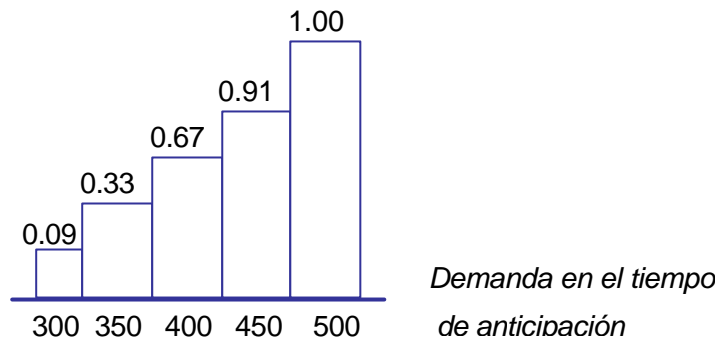
Posible demanda en el tiempo de anticipación	Forma de Ocurrencia		Probabilidad
	Primera Semana	Segunda Semana	
300	150	150	$0.3(0.3) = 0.09$
350	150	200	$0.3(0.4) = 0.12$
	200	150	$0.4(0.3) = 0.12$
400	200	200	$0.4(0.4) = 0.16$
	150	250	$0.3(0.3) = 0.09$
450	250	150	$0.3(0.3) = 0.09$
	200	250	$0.4(0.3) = 0.12$
500	250	200	$0.3(0.4) = 0.12$
	250	250	$0.3(0.3) = 0.09$

**Cuadro 35. Demanda en el tiempo de Anticipación**

Demanda en el tiempo de	Probabilidad
-------------------------	--------------

anticipación	
300	0.09
350	0.24
400	0.34
450	0.21
500	0.09

Según la figura 51, las existencias de seguridad y el punto de pedido puede determinarse para un riesgo específico de déficit. Por ejemplo sino se permite déficit (riesgo nulo de déficit), la cantidad total existente que permanece en inventario en el punto (nivel) de pedido debe ser 500 unidades.



**Figura 74. Distribución Acumulativa de la Demanda en el Tiempo de Anticipación**

Por consiguiente, las existencias de seguridad (IS) en este caso son:

$$IS = D_m - \bar{r}(L) = 500 - 200(2) = 100 \text{ unidades}$$

Donde  $D_m$  es la demanda para algún riesgo específico de déficit. En el cuadro 36, se indican los niveles adicionales de riesgo y de existencias de seguridad.

En la figura 75, sean supuestos diferentes tasas de demanda para indicar como funciona un sistema Q con los datos de este ejemplo y un riesgo nulo de déficit.

**Cuadro 36. Existencia de Seguridad para diversos Riesgo de Déficit**

Demanda en el Tiempo de Anticipación	Existencia de Seguridad	Riesgo de Déficit
500	100	0.0
450	50	9
400	0	33.0

La cantidad pedida en los sistemas P y Q esta dada por:

$$Q = Q_{\text{óptimo}} + \text{Inventario de Seguridad} - \text{Pedido Pendiente} - \text{Número de existencias} + \text{Demanda Promedio(Tiempo de Reposición)}$$

Ya que este es un sistema Q, todos los términos de la ecuación anterior son constantes.

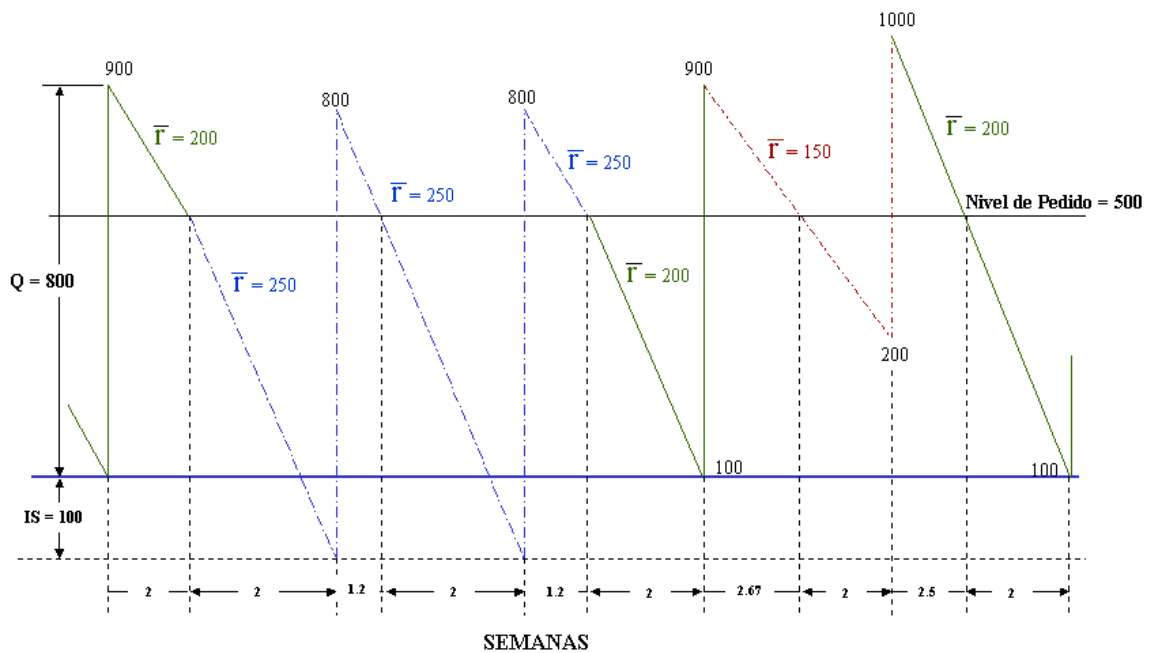
El término  $Q_{\text{óptimo}} + IS$  es:

$$Q_{\text{óptimo}} + IS = 800 + 100 = 900 \text{ unidades}$$

Puesto que el nivel de pedido se especifica como  $D_m$  el inventario disponible es constante e igual a 500 unidades. Las unidades pedidas son cero en este ejemplo ya que el tiempo entre pedidos es menor que el tiempo de anticipación. La demanda promedio durante el tiempo de anticipación  $\bar{r}(L)$  es constante e igual a:

$$\bar{r}(L) = 200(2) = 400 \text{ unidades}$$

Por consiguiente, la cantidad pedida tiene un valor constante de:  $900 - 500 - 400 = 800$  unidades



**Figura 75. Sistema de Inventario (Datos del Ejemplo 3.14)**

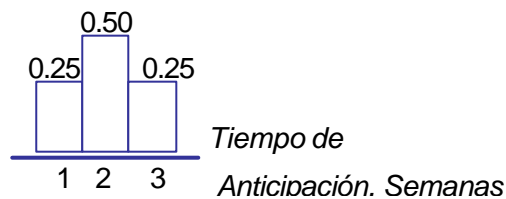
Los datos de este ejemplo y el riesgo nulo de déficit indican la siguiente regla de pedido:

- Verificar continuamente el nivel de inventario.
- Siempre que este nivel alcance 500 unidades, se piden 800 unidades.

- **Sistema Q Tipo 2: Demanda Constante y Tiempo Variable de Anticipación**

**Ejercicio 4.17**

Trabajando con los mismos datos a excepción de la demanda y el tiempo de anticipación. En este ejercicio la demanda es de 200 unidades / semana (constante), y el tiempo de anticipación tiene una distribución indicada en la figura 76. El problema consiste en diseñar un sistema Q para estas condiciones.



**Figura 76. Distribución del Tiempo de Anticipación**

El calculo de Q y t es igual en este ejemplo al del ejemplo 4.13; estos valores son:

Q = 800 unidades y t = 4 semanas.

El cuadro presenta las demandas en los posibles tiempos de anticipación. Con estos resultados pueden calcularse las existencias de seguridad a partir de:

$$IS = D_m \cdot \bar{r}(\bar{L})$$

Donde  $\bar{L}$  es el tiempo promedio de anticipación. Como por ejemplo, si el riesgo de déficit se considera nulo, las existencias de seguridad son:

$$IS = 600 - 200(2) = 200 \text{ unidades}$$

En este caso la regla de pedido consiste en pedir 800 unidades siempre que el nivel de inventario llegue a 600 unidades. El costo esperado, calculado según la ecuación:

$$C = C_2 \bar{r} + C_3 \left( \frac{\bar{r}}{Q} \right) + C_1 \left( \frac{Q}{2} \right) + C_1 (NS) = 20.000 + 2.000 + 2.000 + 1.500 = \$25.500/\text{año}$$

En la figura 77, se han supuesto diversos tipos de anticipación para mostrar como funcionaría un sistema Q en las condiciones de este ejemplo.

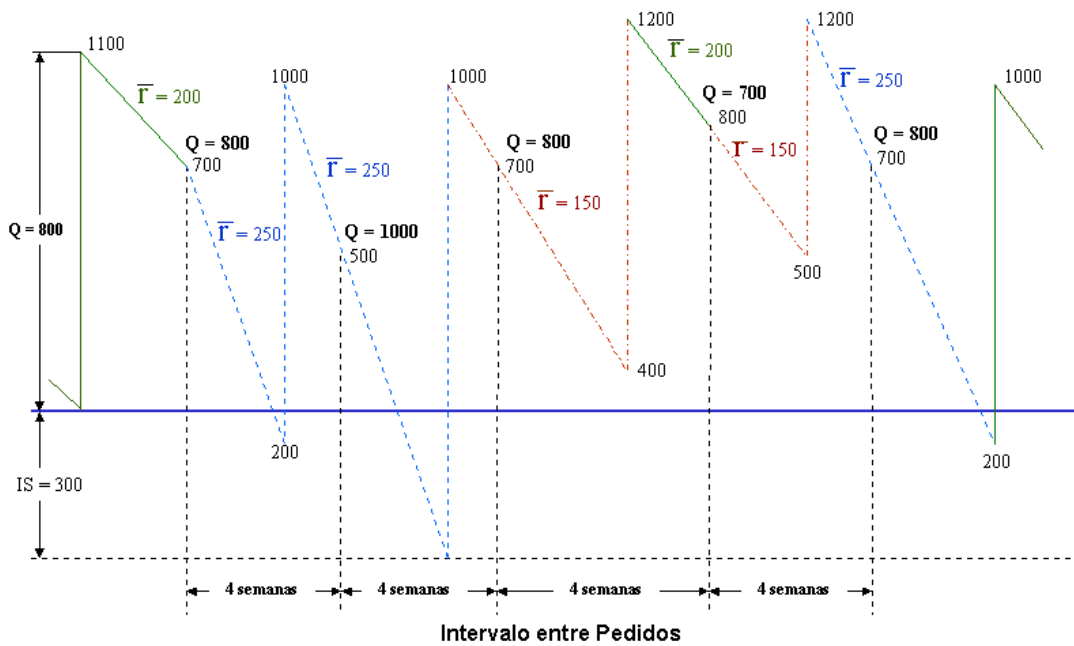
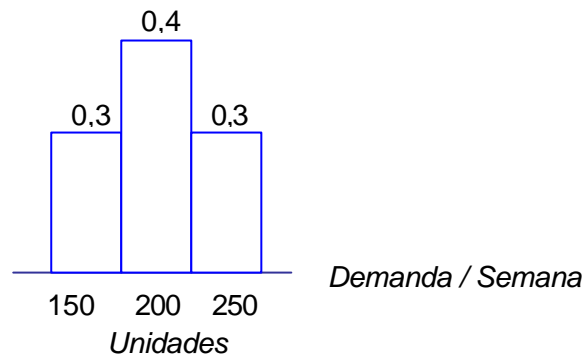


Figura 77. Sistema de Inventario Q (Datos del Ejemplo 4.15)

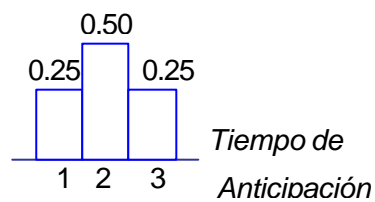
- Sistema Q Tipo 3: Demanda Variable y Tiempo Variable de Anticipación

### Ejercicio 4.18

En este ejercicio se requiere un sistema Q para los coeficientes de costos dados en el ejemplo 4.13 y las distribuciones de la demanda y del tiempo de anticipación mostradas en la figura 78 y 79.



**Figura 78. Distribución de la Demanda**



**Figura 79. Tiempo de Anticipación**

El primer paso es calcular el valor de Q con base en la demanda promedio. Según el ejemplo 4.13, este valor es de 800 unidades. El siguiente paso es generar la distribución de la demanda en el tiempo de anticipación. Este procedimiento se ilustra en el cuadro 37 y se resume en el cuadro 38.

Como ejemplo se especifica un riesgo de déficit de 3,375 por ciento. Para este riesgo de déficit, el cuadro 36 indica  $D_m = 650$ . por consiguiente, la existencia de seguridad son:

$$IS = D_m - \bar{r}(\bar{L}) = 650 - 200(2) = 250 \text{ unidades}$$

**Cuadro 37. Demanda durante el Tiempo de Anticipación**

Tiempo de Anticipación	Demanda Posibles	Forma de Ocurrencia			Probabilidad
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	
1	150	150	-	-	$0.25(0.3) = 0.075$
	200	200	-	-	$0.25(0.4) = 0.100$
	250	250	-	-	$0.25(0.3) = 0.075$
2	300	150	150	-	$0.50(0.3)(0.3) = 0.015$
		200	200	-	$0.50(0.4)(0.4) = 0.080$
	350	150	200	-	$0.50(0.3)(0.4) = 0.060$
		200	150	-	$0.50(0.4)(0.3) = 0.060$
	400	200	200	-	$0.50(0.4)(0.4) = 0.080$
		150	250	-	$0.50(0.3)(0.3) = 0.045$
		250	150	-	$0.50(0.3)(0.3) = 0.045$
	450	200	250	-	$0.50(0.4)(0.3) = 0.060$
		250	200	-	$0.50(0.3)(0.4) = 0.060$
500	250	250	-	$0.50(0.3)(0.3) = 0.045$	
3	450	150	150	150	$0.25(0.3)(0.3)(0.3) = 0.00675$
	500	150	150	200	$0.25(0.3)(0.3)(0.4) = 0.00900$
		150	200	150	$0.25(0.3)(0.4)(0.3) = 0.00900$
		200	150	150	$0.25(0.4)(0.3)(0.3) = 0.00900$
	550	200	200	150	$0.25(0.4)(0.4)(0.3) = 0.01200$
		200	150	200	$0.25(0.4)(0.3)(0.4) = 0.01200$
		150	200	200	$0.25(0.3)(0.4)(0.4) = 0.01200$
		150	150	250	$0.25(0.3)(0.3)(0.3) = 0.00675$
		150	250	150	$0.25(0.3)(0.3)(0.3) = 0.00675$
		250	150	150	$0.25(0.3)(0.3)(0.3) = 0.00675$
	600	200	200	200	$0.25(0.4)(0.4)(0.4) = 0.01600$
		150	200	250	$0.25(0.4)(0.4)(0.3) = 0.01200$
		150	250	200	$0.25(0.3)(0.3)(0.4) = 0.00900$
		250	150	200	$0.25(0.3)(0.3)(0.4) = 0.00900$
		200	150	250	$0.25(0.4)(0.3)(0.3) = 0.00900$
200		250	150	$0.25(0.4)(0.3)(0.3) = 0.00900$	



		250	200	150	$0.25(0.3)(0.4)(0.3) = 0.00900$
	650	200	200	250	$0.25(0.4)(0.4)(0.3) = 0.01200$
		200	250	200	$0.25(0.4)(0.3)(0.4) = 0.01200$
		250	200	200	$0.25(0.3)(0.4)(0.4) = 0.01200$
		250	250	150	$0.25(0.3)(0.3)(0.3) = 0.00675$
		250	150	250	$0.25(0.3)(0.3)(0.3) = 0.00675$
		150	250	250	$0.25(0.3)(0.3)(0.3) = 0.00675$
		700	250	250	200
	250		200	250	$0.25(0.3)(0.4)(0.3) = 0.00900$
	200		250	250	$0.25(0.4)(0.3)(0.3) = 0.00900$
	750	250	250	250	$0.25(0.3)(0.3)(0.3) = 0.00675$

**Cuadro 38. Resumen de la Demanda durante el Tiempo de Anticipación**

<b>Demanda Posibles en el Tiempo de Anticipación</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Probabilidad Acumulativa</b>
150	0.07500	0.07500
200	0.10000	0.17500
250	0.07500	0.25000
300	0.04500	0.29500
350	0.12000	0.41500
400	0.17000	0.58500
450	0.12675	0.71175
500	0.07200	0.78375
550	0.05625	0.81000
600	0.07000	0.91000
650	0.05625	0.96625
700	0.02700	0.99325
750	0.00675	1.00000

En el cuadro 39, se indican otras existencias de seguridad para riesgos de déficit. La regla de pedido consiste en pedir 800 unidades siempre que el nivel de inventario llegue a 650 unidades, y el costo esperado sea \$25.250 por año para el riesgo de déficit de

3.375%. Con propósito comparativo, el costo esperado es \$27.270 por año para un riesgo nulo de déficit (IS = 350). Este es el costo más alto y es la pena para la incertidumbre en el tiempo de anticipación como en la demanda.

**Cuadro 39. Existencia de Seguridad**

Demanda en el tiempo de Anticipación	Existencia de Seguridad	Riesgo de Déficit (%)
750	350	0.000
700	300	0.675
650	250	3.375
600	200	9.000
550	150	16.000
500	100	21.625

**Distribuciones teóricas.** En los ejemplos anteriores de los sistemas de inventario Q y P, la demanda y los tiempos de anticipación fueron descritos mediante distribuciones empíricas. Algunos de estos ejemplos indican la clase de dificultades de cálculo que pueden presentarse. Es posible obtener ventajas de cálculo cuando la convolución de una distribución teórica consigo misma se puede calcular fácilmente. Este método no disminuye la cantidad de cálculos pero es un procedimiento sistemático que si se desarrolla correctamente da los resultados deseados independientemente de las posibles combinaciones que dan lugar a una demanda particular.

La distribución de la demanda durante un tiempo constante de anticipación esta dada por:

$$(p_1x^{d_1} + p_2x^{d_2} + \dots + p_nx^{d_n})^L$$

Donde L = tiempo de anticipación

$p_1, p_2, \dots$  = probabilidad de la demanda  $d_1, d_2, \dots$

Este método implica dos suposiciones:

- Las distribuciones de probabilidades para cada semana son iguales.

- Las demandas desde una semana hasta la siguiente son independientes.

Las convoluciones de muchas distribuciones teóricas no pueden calcularse fácilmente. Afortunadamente, las distribuciones empleadas en muchos problemas de inventario están muy bien estudiadas, especialmente, las distribuciones normal y de Poisson. Por ejemplo, si una distribución normal con una media  $\mu$  y una varianza  $\sigma^2$  se convoluciona consigo misma  $n$  veces, la convolución final es una distribución normal con una media de  $n\mu$  y una varianza de  $n\sigma^2$ . Para la distribución de Poisson, la convolución final es una distribución de Poisson con una media y una varianza de  $n\mu$ , ya que en la distribución de Poisson la media y la varianza son iguales. Cuando se utilizan estos resultados, quedan implícitas determinadas suposiciones, esto es que las distribuciones son las mismas e independientes.

#### Ejercicio 4.19

Para los datos del ejemplo 4.16, se requiere un sistema Q excepto que en este ejemplo la demanda está distribuida normalmente con una media de 200 unidades/semana y una desviación típica de 25 unidades/semana.

#### DESARROLLO

Puesto que la demanda promedio en este ejemplo es igual a la del ejemplo 4.16, la cantidad óptima pedida Q es la misma, esto es  $Q = 800$  unidades. El tiempo de anticipación especificado en el ejemplo 4.16 es constante e igual a 2 semanas. Por consiguiente, la media  $\bar{D}_1$  y la desviación típica  $\sigma_1$  de la distribución de la demanda durante el tiempo de anticipación son:

$$\bar{D}_1 = L\bar{D} = 2(200) = 400 \text{ unidades}$$

$$s_1 = s\sqrt{L} = 25\sqrt{2} = 35,35 \text{ unidades}$$

Si se especifica un riesgo  $\alpha$  de déficit igual a 0.05 el punto de pedido  $D_m$  se calcula a partir de:

$$K_{1-\alpha} = \frac{D_m - \bar{D}_1}{s_1} \quad \text{donde } K_{1-\alpha} \text{ es la desviación normal, para este ejemplo es } 1,645$$

Sustituyendo, en la ecuación se obtiene el punto de pedido,

$$1,645 = \frac{D_m - 400}{35,35}, \text{ despejando se tiene:}$$

$$D_m = 400 + 1,645(35,35) = 458,15 = 458 \text{ unidades}$$

Las existencias de seguridad son:

$$ES = D_m - D_1 = 458 - 400 = 58 \text{ unidades}$$

Por consiguiente, la regla de pedido de este ejemplo consiste en pedir 800 unidades siempre que el nivel de inventario llegue a 458 unidades. Si se requiere un sistema P, las ecuaciones incluyen el intervalo entre pedidos, por consiguiente, en un sistema P, la demanda promedio y la desviación típica en el tiempo de anticipación más el intervalo entre pedidos son:

$$\bar{D}_1 = (L + IP) \bar{D} \quad s_1 = s \sqrt{(L + IP)}$$

#### 4.6 SUBPROCESO DE EJECUCIÓN

Mediante este subproceso se realiza la reposición de los materiales por medio del modelo o sistema de inventario escogido, dependiendo de los parámetros de reposición, algunos de los cuales fueron nombraron en el procedimiento de asignación de parámetro (Subproceso de Planeación).

## 4.7 SUBPROCESO DE CONTROL Y GESTIÓN

Los indicadores de gestión constan de ciertos pasos, acciones y herramientas en el cuadro 40.

Las acciones que se deben de tener en cuenta para el establecimiento de los indicadores de gestión son los siguientes:

1. Seleccionar las áreas de éxito.
2. Definir los factores críticos de éxito (FCE) para cada área del proceso.
3. Definir las variables que midan el cumplimiento de los FCE.
4. Establecer valores a las metas.
5. Establecer periodos y métodos adecuados de medición.

Los resultados esperados del análisis del subproceso de Control y Gestión son los siguientes:

- Recomendación para futuras estrategias de suministro relacionadas con el inventario (tiempo de reorden, cantidad a solicitar, inventario de seguridad, entre otros).
- Identificación de oportunidades para mejoramiento de la cantidad, entrega, costo total y servicio de los suministros.
- Recomendaciones para futuros planes de abastecimiento.

**Cuadro 40. Indicadores de Control y Gestión**

	<b>ACCIONES / OBSERVACIONES</b>
<b>SELECCIONAR LAS ÁREAS DE ÉXITO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desempeño de la Organización.</li> <li>2. Desempeño del Sistema de Abastecimiento.</li> <li>3. Inversión en las existencias.</li> </ol>
<b>IDENTIFICAR LOS FACTORES CRITICOS DE ÉXITO (FCE)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Efectividad Económica.</li> <li>2. Eficiencia Administrativa.</li> <li>3. Optimización de los Inventarios.</li> <li>4. Disponibilidad del Mercado.</li> </ol>
<b>ESTABLECER INDICADORES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deben ser objetivos y verificables</li> <li>- Deben ser Cuantificable.</li> <li>- Requiere Trabajo en equipo.</li> <li>- El indicador debe agregar valor al proceso.</li> </ul>
<b>DETERMINAR METAS</b>	<p>Se establecen metas con sus respectivos valores y niveles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MINIMO</li> <li>- SATISFACTORIO</li> <li>- SOBRESALIENTE</li> </ul> <p>Estos de acuerdo al criterio de cada empresa.</p>
<b>MEDIR Y ELABORAR LOS INFORMES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoja de Registro.</li> <li>- Software para Indicadores.</li> <li>- Base de Datos.</li> </ul>

## RESUMEN

Los inventarios absorben un porcentaje considerable del activo circulante de las empresas, puesto que la inversión en inventarios lleva implícito el pago de impuestos, cargos por seguros, costos por almacenamientos, intereses, riesgos por obsolescencia, deterioro y devaluación; por lo cual debe buscarse el punto de equilibrio que permita ofrecer el nivel de servicio adecuado a la operación y optimice los niveles de inversión.

En algunos casos el exceso de inventario debilita la disponibilidad de fondos para posibles inversiones o pagos, o por el contrario la escasez de estos pueden ocasionar parálisis en la producción o incumplimiento a los clientes.

El proceso de administración de inventarios, busca las estrategias necesarias para lograr el equilibrio ante estas dos situaciones, para ello, se deben analizar los costos que intervienen en esta decisión (costo de almacenamiento, costo de reposición y costo de agotamiento), mediante los subprocesos de planeación, programación, ejecución y gestión.

Subproceso de Planeación: Este busca obtener el nivel óptimo de los inventarios mediante el manejo de las variables de tiempo y cantidad. Este subproceso encierra los siguientes subprocesos:

- Interrelación del proceso de administración de inventarios con los demás procesos de la empresa.
- Análisis de la clasificación de los inventarios mediante el Sistema de Clasificación ABC.
- Planeación de los requerimientos de los materiales.

Cabe anotar que este capítulo hizo énfasis en el sistema ABC, debido a que la mayoría de las empresas manejan una gran variedad de materiales y por tal motivo le resulta incosteable llevar un mismo control estricto a todos sus materiales. El sistema ABC, ofrece una reducción de tiempo, esfuerzo y costo en el control de los inventarios. Según su valor e importancia las clasifica en tres clases:

Clase A: Artículos de alto costo de adquisición y mayor utilización.

Clase B: Artículos de menor costo, valor e importancia.

Clase C: Artículos de poco costo de adquisición e inversión.

Subproceso de Programación: Aquí se establecen los criterios de reposición, los modelos y sistemas P y Q de inventarios.

Los sistemas y modelos de inventarios contribuyen a obtener una mejor decisión respecto a las cantidades que se deben pedir y el tiempo en que se deben colocar una orden de pedido. Los modelos de control de inventario se clasifican según el comportamiento de la demanda (Determinístico y Probabilístico) y la velocidad de reposición (Instantánea y No instantánea). En total se vieron el siguiente número de modelos y sistemas de inventarios:

- Determinístico: Total tres Modelos.
  - Modelo Lote económico: consta de cuatro tipos
  - Modelo Inventario Máximo: consta de dos tipos
  - Modelo Inventario Máximo - Lote económico: consta de cuatro tipos
  
- Probabilístico: Total tres Modelos: Total tres Modelos
  - Modelo Lote económico: consta de cuatro tipos
  - Modelo Inventario Máximo: consta de cuatro tipos



- Modelo Inventario Máximo - Lote económico: consta de dos tipos

Subproceso de Ejecución: A través de este subproceso se lleva a cabo la reposición de los materiales (en cantidad y tiempo), mediante la escogencia del modelo o sistema de inventario que mejor se amolde según la necesidad que se tenga.

Subproceso de Gestión y Control: Consiste en determinar ciertos factores críticos de éxito o de control, con el fin de mejorar la efectividad del proceso.

## CUESTIONARIO Y EJERCICIOS DE APLICACIÓN

1. Señalar la respuesta que usted considere correcta.

- El tiempo de reposición se define como:
  - a) Es el tiempo que transcurre desde el momento que el proveedor despacha el material y el momento en que se recibe en las instalaciones de la Empresa.
  - b) Es el tiempo que transcurre desde el momento en que se adjudica el pedido al proveedor, hasta el momento en que se recibe en las instalaciones de la empresa.
  - c) Es el tiempo que transcurre desde el momento que se oficializa la solicitud interna de material, hasta el momento en que se recibe en las instalaciones de la empresa.
  
- El punto de pedido se define como:
  - a) El nivel de existencia en el almacén suficiente para afrontar la demanda promedio durante el tiempo de reposición.
  - b) El nivel de existencia en el almacén suficiente para afrontar la demanda mínima durante el tiempo de reposición
  - c) El nivel de existencia en el almacén suficiente para afrontar la demanda deseada durante el tiempo de reposición.
  - d) El nivel de existencia en el almacén suficiente para afrontar la demanda máxima durante el tiempo de reposición.

- El nivel apropiado del inventario de seguridad esta determinado generalmente por:
  - a) La disminución de los costos de deficiencia esperado en el inventario.
  - b) La elección del nivel de inventario de seguridad que asegure un nivel de servicio.
  - c) Contar con el suficiente inventario de seguridad como para eliminar todos los posibles faltantes del inventario.
  
- El sistema Q de inventarios se caracteriza por:
  - a) La cantidad a pedir es siempre fija y el nivel de pedido (ROP) es fijo para todo el periodo.
  - b) La cantidad a pedir es siempre fija y los intervalos entre pedidos varían.
  - c) La cantidad a pedir es siempre fija y es la cantidad que optimiza los costos.
  - d) Todas las anteriores.
  
- 2. Una compañía compra 14.000 artículos por año para emplearlos en su proceso de producción. Si el costo unitario es de \$5 por unidad, el costo de tenencia de una unidad es de 80 centavos por mes, y el costo de hacer una compra es de \$100, determinar los siguientes puntos si no se permite déficit.
  - a) La cantidad óptima pedida.
  - b) El costo total anual óptimo.
  - c) El número de pedidos por año.
  - d) El tiempo entre pedidos.
  
- 3. La demanda de un artículo adquirido es de 1.000 unidades / mes, y se permite déficit. Si el costo unitario es de \$1,50 por unidad, el costo de hacer una compra es \$600, el

costo de tenencia de 1 unidad es \$2 por año, y el costo del déficit de 1 unidad es \$10 por año, determinar

- a) La cantidad óptima que debe comprarse.
  - b) El número óptimo de unidades agotadas (déficit).
  - c) El costo total anual óptimo.
  - d) El número de pedidos por año.
  - e) El tiempo entre pedidos.
4. La demanda de un artículo de una compañía es de 24.000 unidades por año y la compañía puede producir ese producto a una tasa de 4.000 unidades por mes, el costo de elaborar una orden es de \$100 y el costo de almacenamiento de una unidad es el 0.05% del precio; el costo de agotamiento por unidad por año es de \$20 por unidad. Si el costo unitario de cada unidad es de \$5.000. determine cual de las siguientes opciones es la mejor.

OPCIONES	VOLUMENES	DESCUENTOS	PRECIO
1	0 – 4.999	0	5.000
2	5.000 – 5.999	20%	4.000
3	MÁS DE 6.000	30%	3.500

5. Diseñar un sistema Q con los siguientes datos y un riesgo de déficit de 1,0 por ciento. La demanda está distribuida normalmente con una media de 50 unidades/día y una desviación típica de 10 unidades/día. El tiempo de anticipación es de 20 días (constante). El costo de organizar una tanda producción es de \$500. El costo de tenencia es \$1,80 por unidad-año. La tasa de manufacturación es de 100 unidades/día (constante). Suponer 360 días/año.
6. Los diferentes costos de inventario para un artículo en particular son: costos de almacenamiento de una unidad es de \$ 1 por año, los costos de hacer una compra son de \$ 500, el costo de déficit de una unidad es de \$10 por año, el costo unitario del artículo es de \$ 1,50. Se presentan las siguientes situaciones que usted debe resolver:
- SITUACIÓN 1: Si el artículo tiene una demanda de 1000 unidades / mes y se puede fabricar a una tasa de 4000unidades/mes, determine:

- a) La cantidad optima que se debe fabricar?
  - b) El tiempo de fabricación?
  - c) La duración del déficit?
  - d) El inventario máximo?
- 
- SITUACIÓN 2. Si la demanda del articulo en panicular, tiene la demanda que se indica en la figura y el tiempo de reposición es constante de 2 meses, diseñar un sistema Q,
    - a) Para un riesgo de 1 %
    - b) Cual seria el nivel de riego optimo que Ud. recomendaría y por que?

