

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RECONQUISTA
TECNICATURA UNIVERSITARIA EN MECATRÓNICA

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL – AÑO 2021

UNIDAD 3 – PARTE 1

Profesor: Ing. Leonardo Santa Cruz

Bibliografía:

- Pistarelli, Alejandro – Manual de Mantenimiento. Ingeniería, gestión y organización.
- Torres, Leandro – Mantenimiento. Su implementación y Gestión.

INTRODUCCIÓN

- Una buena gestión de repuestos optimiza el nivel de inventarios, a la vez que reduce el riesgo de sufrir desabastecimientos.
- Debe perseguir los siguientes objetivos:
 1. Suministrar los repuestos y materiales de manera rápida
 2. Reducir al mínimo posible el nivel de stock
 3. Evitar de deterioro de los materiales almacenados
 4. Evitar el almacenamiento de repuestos obsoletos

GESTIÓN DE REPUESTOS

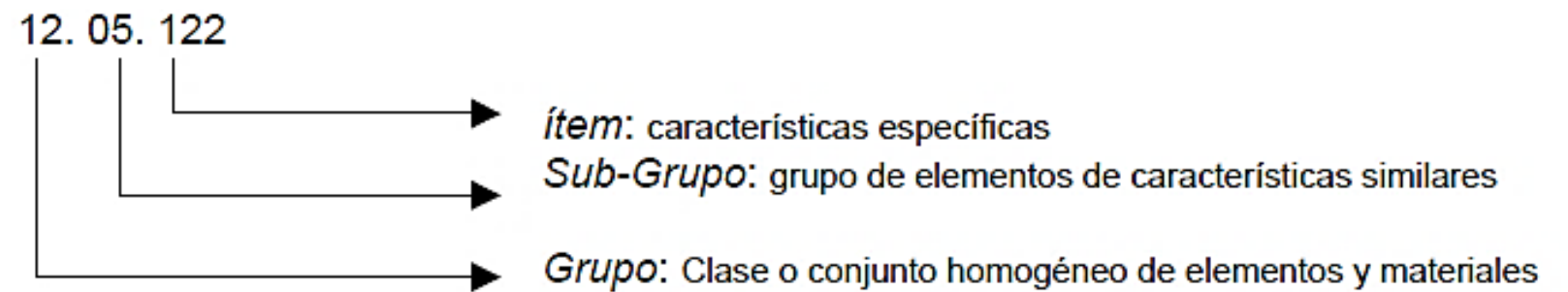
Clasificación de las existencias en pañol

- a) **Artículos de ferretería:** (tornillos, sogas, alambres, clavos, pinturas, gomas, etc.)
- b) **Consumibles:** son todos aquellos aplicables en forma directa pero generalizada a todos los trabajos (combustibles, solventes, lubricantes, filtros, electrodos, barras, discos de corte, caños y válvulas, chapas, etc.)
- c) **Repuestos Universales:** son todos aquellos elementos de recambio que pueden aplicarse a todo tipo de maquinaria o equipo y que pueden ser comprada a varios proveedores (rodamientos, sellos, juntas, empaquetaduras, etc.)
- d) **Repuestos Específicos:** son elementos de diseño, que no pueden reemplazarse por repuestos universales o suministros. Su provisión está a cargo del fabricante original o determinados proveedores.
- e) **Repuestos Comunes:** son repuestos específicos o suministros que pueden ser intercambiados entre equipos iguales o similares (motores eléctricos, reductores de velocidad, acoplamientos, rotores, etc.)
- f) **Conjuntos:** componentes armados de equipos. Pueden ser nuevos o reacondicionados.

GESTIÓN DE REPUESTOS

Codificación

- La codificación numérica es necesaria dada la cantidad y variedad de elementos que se guardan y deben manejarse diariamente (ingresos, egresos, devoluciones). La identificación en forma codificada, es una práctica ampliamente generalizada.
- Los elementos de ferretería, suministros y los repuestos universales es conveniente que sigan una ley que puede ser similar a la siguiente:



Para el caso de los repuestos comunes y los específicos, el número de codificación debe contener además de su número de codificación, por lo menos lo siguiente:

- Planta o línea principal*
- Equipo*
- Sistema*
- Parte o componente*

Cada empresa puede tener su codificación, según la cantidad y variedad de repuestos, si cuenta o no con sistema informático de gestión, etc. En la parte unidad 1 vimos algún ejemplo real.

TEORÍA DE INVENTARIOS

Introducción

STOCK (o INVENTARIO) es la cantidad de materia prima, materiales y elementos en general que se almacenan para su posterior empleo en:

- Alimentación de una línea de producción
- Ventas por mayor y menor
- Abastecimiento de puntos de consumo desde un depósito central
- Mantenimiento de máquinas y equipos

El departamento de compras intentará tener el almacén con el menor volumen posible, en tanto que a nosotros, mantenimiento, nos interesará un almacén lo más completo posible, con todas las piezas y repuestos necesarios para hacer frente a las reparaciones.

Esta **oposición de intereses** requiere gestionar el almacén de la manera más eficiente posible.

TEORÍA DE INVENTARIOS

Introducción

Como comentamos en la unidad 1, la razón de esto son los costos financieros: destinar un gran capital para compra de los insumos y repuestos, la indisponibilidad de ese capital para realizar inversiones, el riesgo de deterioro u obsolescencia de los materiales, entre otros. Por otro lado, además de la obvia ventaja para nosotros de disponer de los insumos y repuestos necesarios, está el beneficio en comprar más cantidad, no sólo por los descuentos por compra en cantidad, sino **por los gastos que ocasiona el acto de comprar**.

Entonces, **¿cuánto y cuándo comprar?** Este balance económico lo da la teoría de inventarios.

El desarrollo que veremos a continuación tiene la finalidad de dar rigor científico al tema. Sin embargo no es necesario que el alumno lo aprenda de memoria; las fórmulas de cálculo a las que iremos llegando son suficientes para resolver los problemas. Además, aclaramos que el enfoque es sobre repuestos de **consumo previsible**, o sea que es posible estimar en el tiempo su consumo y reposición (la clasificación vista antes corresponde a éstos).

TEORÍA DE INVENTARIOS

Introducción

Son 4 los elementos que intervienen en la teoría de inventarios (según la bibliografía que utilizemos, las siglas o denominaciones podrán variar pero los conceptos son similares):

1- **costo de compra** o adquisición (C_a)

2- **precio** de compra (b)

3- **costo de almacenamiento** (C_{alm})

4- cantidad (lote) en **stock** (q)

TEORÍA DE INVENTARIOS

1- Costo de adquisición

Es función de:

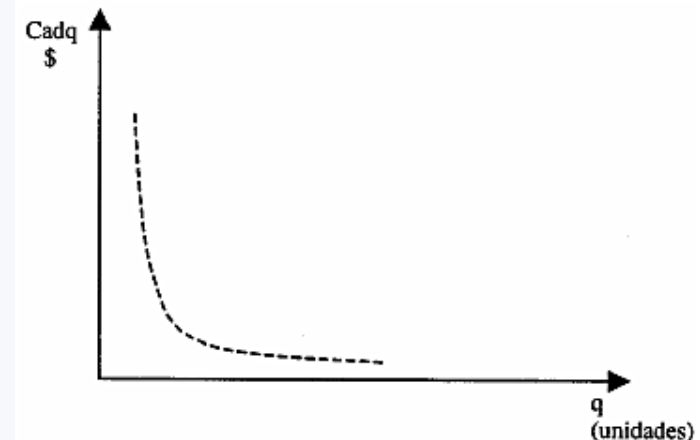
- La selección de proveedores y sus precios
- Consultas para averiguar si tiene disponible tal artículo
- Confección de pliegos o pedido de precios
- Envío de correspondencia
- Recepción y estudio de cada propuesta
- Colocación de la orden de compra
- Seguimiento de la compra
- Recepción y revisión del envío
- Trámites posteriores
- Recepción y verificación de facturas
- Sueldos del personal administrativo

La suma de todo esto es el costo unitario de compra (K)
Si n es la cantidad de compras al año, el costo anual de adquisición será: $C_a = K n$

La cantidad de compras es la relación entre la demanda anual y la cantidad (lote) a comprar: $n = D/q$

Así: $C_a = K D/q$

Cuya representación gráfica es un hipérbola:



TEORÍA DE INVENTARIOS

1- Costo de adquisición

K puede calcularse de manera simplificada tomando durante cierto periodo los costos del departamento de compras y otras actividades relacionadas, y prorrateándolas por la cantidad de órdenes de compra de ese mismo periodo:

Por ejemplo:

	\$
Sueldos con cargas sociales oficina compra	3000
Gastos de oficina compra (papelería, Te., Etc)	2000
Gastos de recepción y administración	2000
Total de gastos promedios por mes	7000

n = cantidad promedio de órdenes por mes: 35

$$K = C_a / n$$

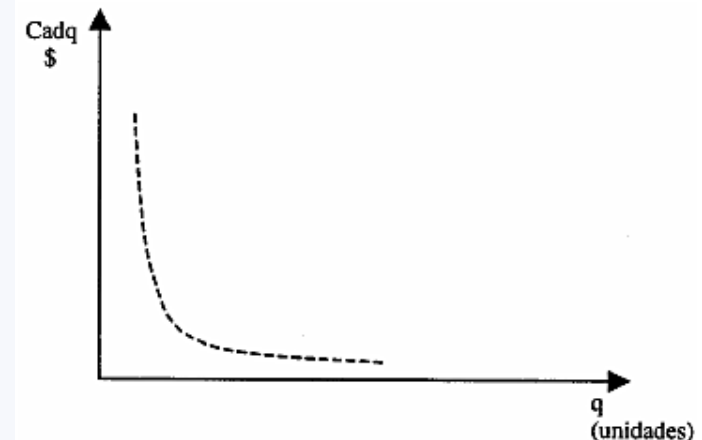
$$K = \$ 7000 / 35 = \$ 200$$

La suma de todo esto es el costo unitario de compra (K)
Si n es la cantidad de compras al año, el costo anual de adquisición será: $C_a = K n$

La cantidad de compras es la relación entre la demanda anual y la cantidad (lote) a comprar: $n = D/q$

Así: $C_a = K D/q$

Cuya representación gráfica es un hipérbola:



TEORÍA DE INVENTARIOS

2- Costo de almacenamiento

Es la suma de todos los costos del hecho de tener stock, que generalmente incluye:

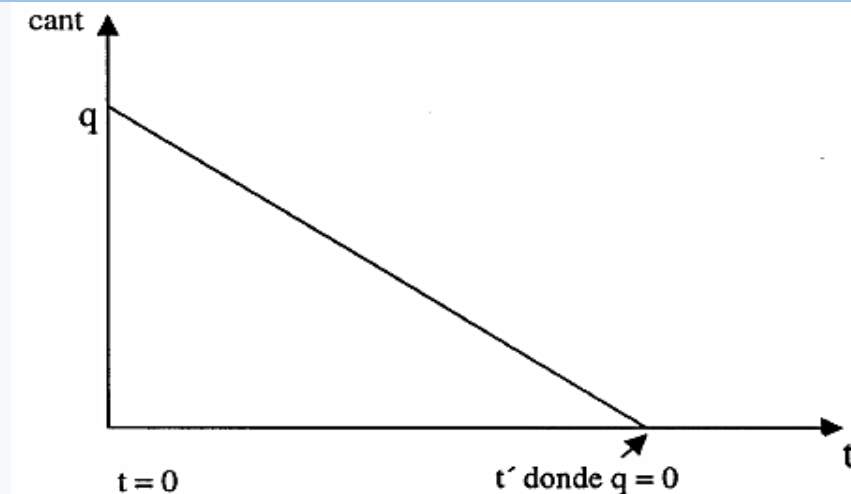
- Tasa de capital: es el costo de oportunidad de los montos (\$) inmovilizados. O sea, su indisponibilidad para ser invertidos.
- Obsolescencia: costos de algunos productos por cambios de modelo, avances tecnológicos, etc.
- Pérdidas: deterioros, evaporación, vencimientos, humedad, suciedad, etc.
- Impuestos: gravados como en cualquier activo.
- Seguros: contra robo, incendio, etc.
- Instalaciones: requeridas para almacenar las existencias.
- Personal: afectado al almacén (pañolero, cadete, etc.)

La suma de todos es la **tasa anual de almacenamiento**, o sea, lo que cuesta tener en stock un material durante un año: $P = \text{tasa de almacenamiento}$. Se la expresa en % del precio. En caso de no conocerse, considerar un **10% del precio** del repuesto en stock da buenos resultados.

Si a partir de cierto stock se va consumiendo el material, de manera simplificada podemos pensar que el nivel de existencias irá bajando de manera lineal, como se muestra en la figura. Vemos así que en cierto periodo la cantidad promedio (área bajo la curva) será $q/2$.

Recordando que b es el precio, entonces el capital inmovilizado es $b q/2$.

De manera que si sabemos la tasa de almacenamiento podemos conocer el costo de almacenamiento en un periodo dado, en función del precio del producto y de la cantidad almacenada: $Cal_m = P b q/2$ (cuya gráfica $Cal_m = f(q)$ es una recta de pendiente $P b/2$).



TEORÍA DE INVENTARIOS

Costo Total

Tanto el costo de adquisición o compra (Ca) como el costo de almacenamiento (Cal_m) son variables en función de la cantidad o lote (q).

Hay un tercer término que es el costo del propio insumo o repuesto, que es el producto de su precio por la cantidad demandada: $b D$. Pero este es independiente de q , o sea, no influye directamente en el costo de inventario, por lo tanto no lo consideraremos para el análisis que estamos haciendo.

Así, el **costo total** del inventario es:

$$Ca + Cal_m = K D/q + P b q/2$$

Bueno pero... ¿y cuál es el lote más económico?

TEORÍA DE INVENTARIOS

Lote Económico

Hay casos en que los materiales dependen entre sí. Por ejemplo, si tenemos una empresa constructora, seguramente la cantidad que se consume de cemento tendrá relación con la cantidad de arena y la de piedra. Cuando las cantidades están relacionadas, los cálculos se hacen usando MRP (planificación de requerimiento de materiales). Esto tiene más que ver con producción y normalmente se utiliza algún software específico.

En nuestro caso estudiaremos el método tradicional, en el cual la cantidad a pedir es función del menor costo total. A esta cantidad la llamamos *lote económico* (q_e).

Recordemos:

D = demanda anual (del artículo en estudio)

K = costo de compra

n = frecuencia de compra

q = cantidad (lote) de compra

P = tasa de almacenaje (como un % de b)

b = costo unitario (del artículo en estudio)

Costo de adquisición = $Ca = K D/q$

Costo de almacenaje = $Calm = P b q/2$

COSTO TOTAL = $Ca + Calm = K D/q + P b q/2$

TEORÍA DE INVENTARIOS

Lote Económico

Hay casos en que los materiales dependen entre sí. Por ejemplo, si tenemos una empresa constructora, seguramente la cantidad que se consume de cemento tendrá relación con la cantidad de arena y la de piedra. Cuando las cantidades están relacionadas, los cálculos se hacen usando MRP (planificación de requerimiento de materiales). Esto tiene más que ver con producción y normalmente se utiliza algún software específico.

En nuestro caso estudiaremos el método tradicional, en el cual la cantidad a pedir es función del menor costo total. A esta cantidad la llamamos *lote económico* (q_e).

Recordemos:

D = demanda anual (del artículo en estudio)

K = costo de compra

n = frecuencia de compra

q = cantidad (lote) de compra

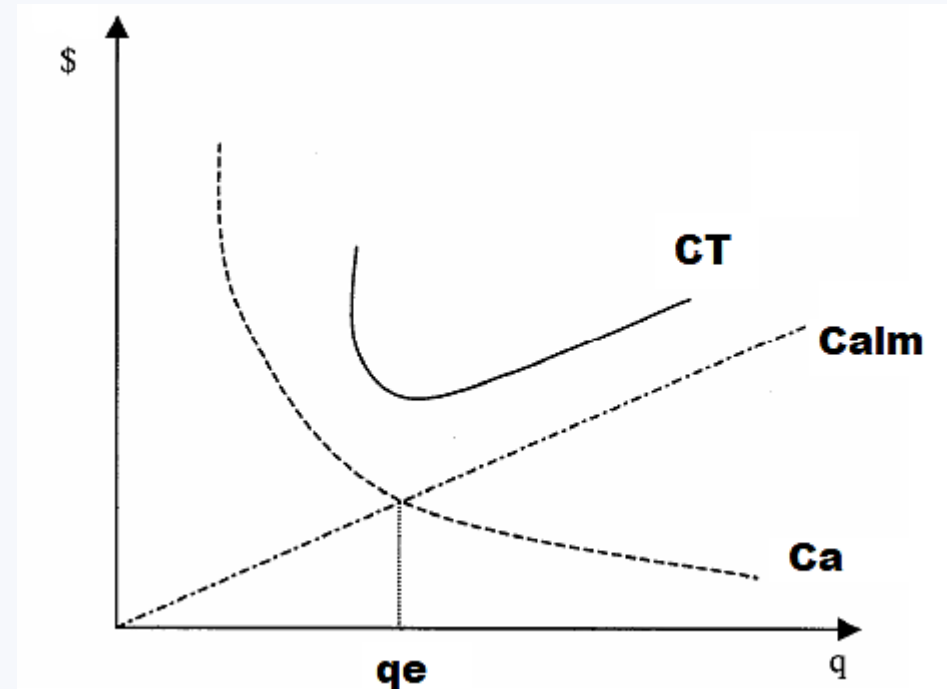
P = tasa de almacenaje (como un % de b)

b = costo unitario (del artículo en estudio)

Costo de adquisición = $Ca = K D/q$

Costo de almacenaje = $Cal_m = P b q/2$

COSTO TOTAL = $Ca + Cal_m = K D/q + P b q/2$



TEORÍA DE INVENTARIOS

Lote Económico

Hay casos en que los materiales dependen entre sí. Por ejemplo, si tenemos una empresa constructora, seguramente la cantidad que se consume de cemento tendrá relación con la cantidad de arena y la de piedra. Cuando las cantidades están relacionadas, los cálculos se hacen usando MRP (planificación de requerimiento de materiales). Esto tiene más que ver con producción y normalmente se utiliza algún software específico.

En nuestro caso estudiaremos el método tradicional, en el cual la cantidad a pedir es función del menor costo total. A esta cantidad la llamamos *lote económico* (q_e).

Recordemos:

D = demanda anual (del artículo en estudio)

K = costo de compra

n = frecuencia de compra

q = cantidad (lote) de compra

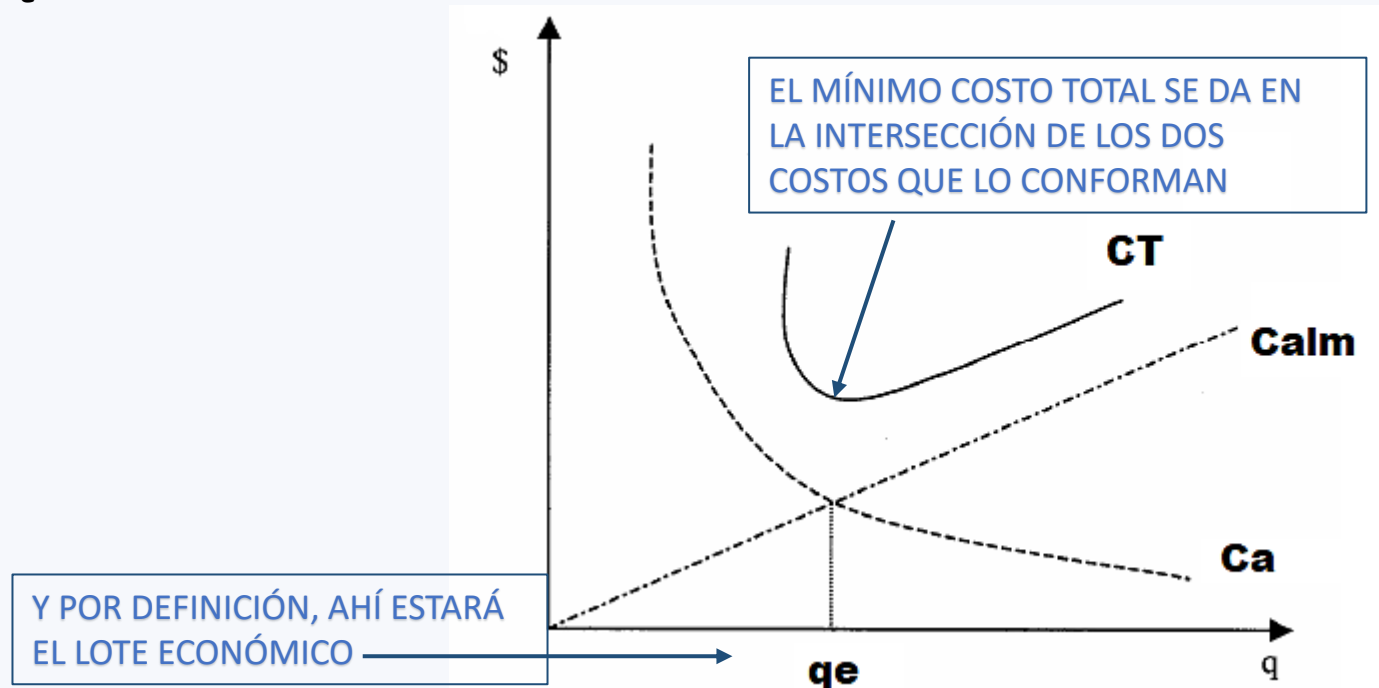
P = tasa de almacenaje (como un % de b)

b = costo unitario (del artículo en estudio)

Costo de adquisición = $Ca = K D/q$

Costo de almacenaje = $Cal_m = P b q/2$

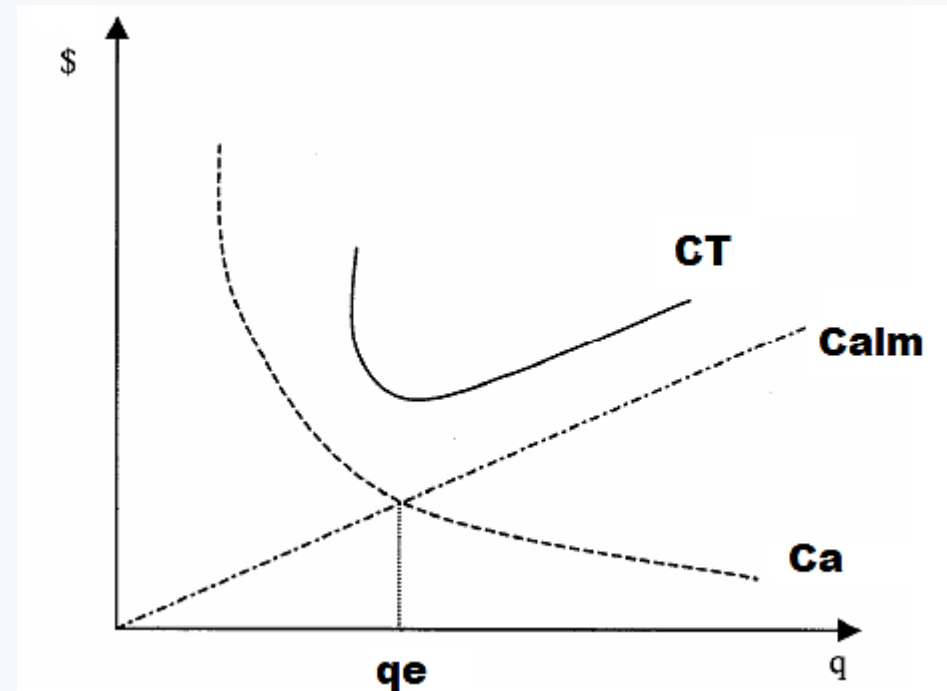
COSTO TOTAL = $Ca + Cal_m = K D/q + P b q/2$



TEORÍA DE INVENTARIOS

Lote Económico

Según lo que acabamos de decir, el lote óptimo de compra estará en el punto en que: $K D/q = P b q/2$
Despejando q y llamando q_e a ese valor:



TEORÍA DE INVENTARIOS

Lote Económico

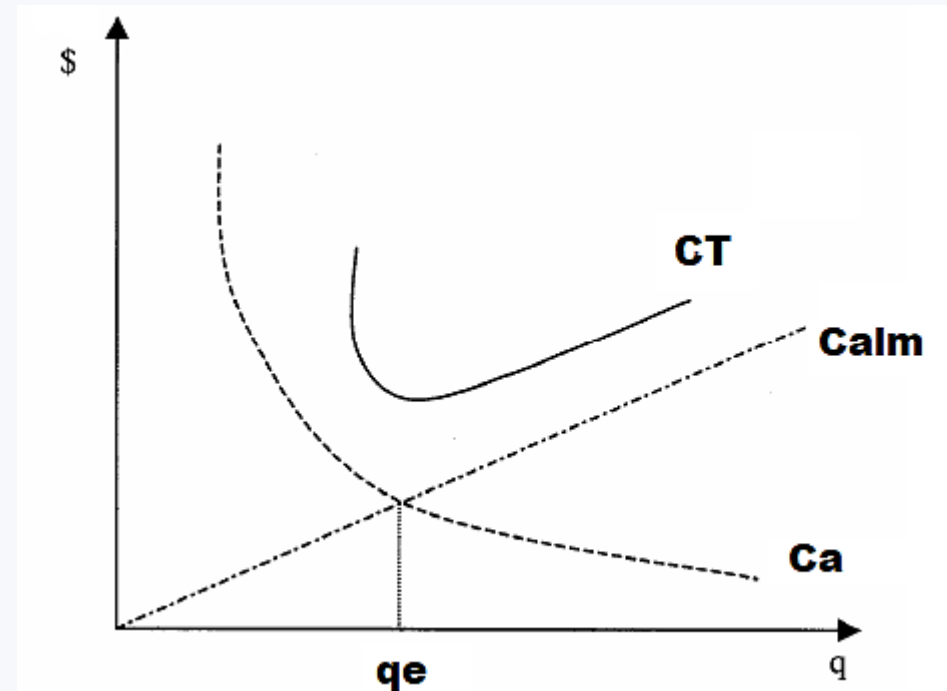
Según lo que acabamos de decir, el lote óptimo de compra estará en el punto en que: $K D/q = P b q/2$
Despejando q y llamando q_e a ese valor:

$$q_e = \sqrt{\frac{2 K D}{b P}}$$

Ejemplo:

Se demandan 37500 kg al año de cierto producto cuyo Precio unitario es $\$5$ y su costo unitario de compra es $\$500$. Si la tasa anual de almacenamiento es del 30%, se tiene:

$$q_e = \dots \text{ kg}$$



TEORÍA DE INVENTARIOS

Lote Económico

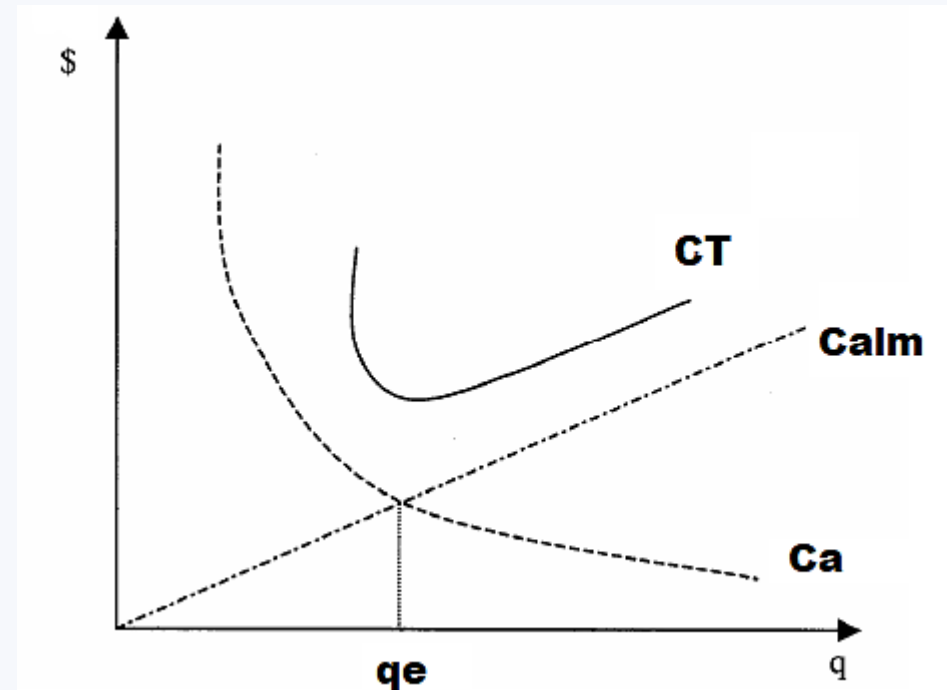
Según lo que acabamos de decir, el lote óptimo de compra estará en el punto en que: $K D/q = P b q/2$
Despejando q y llamando q_e a ese valor:

$$q_e = \sqrt{\frac{2 K D}{b P}}$$

Ejemplo:

Se demandan 37500 kg al año de cierto producto cuyo Precio unitario es $\$5$ y su costo unitario de compra es $\$500$. Si la tasa anual de almacenamiento es del 30%, se tiene:

$$q_e = \sqrt{\frac{2 \cdot 500 \cdot 37500}{0,30 \cdot 5}} = 5000 \text{ kg}$$



TEORÍA DE INVENTARIOS

Periodo de reaprovisionamiento

Una vez calculado el q_e queda la siguiente pregunta: ¿cada cuánto comprar?

Recordando que la frecuencia de compra es la relación entre la demanda y la cantidad, entonces:

$$n = \frac{D}{q_e}$$

Ejemplo:

$$n = \frac{37500}{5000} = 7,5$$

Siguiendo los datos anteriores, deberemos comprar entre 7 y 8 veces al año.

TEORÍA DE INVENTARIOS

DESARROLLO A PARTIR DE UN EJEMPLO

Hasta aquí hemos visto situaciones teóricas ideales. Desarrollemos ahora el tema con un enfoque más práctico, para facilitarnos la comprensión.

TEORÍA DE INVENTARIOS

DESARROLLO A PARTIR DE UN EJEMPLO

Supongamos que para un repuesto tenemos:

- Un plazo de entrega (PE) de 30 días, ya sea porque el proveedor deba fabricarlo o importarlo.
- Una demanda mensual (D_{mensual}) promedio de 5 unidades. Información que puede salir de los datos, por ejemplo, del último año donde se usaron 60 unidades.
- Suponemos para este ejemplo que en este momento hay un stock de 11 unidades en el almacén.

Si representáramos en una gráfica el cambio en el stock en función del tiempo, la demanda nos daría la pendiente de la recta. En este caso:

$$D = \frac{-5}{30} [\text{unidades/días}]$$

Además podemos establecer un stock de seguridad que nos proteja de las fluctuaciones inesperadas.

Supongamos un $SS = 1 \text{ unidad}$.

TEORÍA DE INVENTARIOS

DESARROLLO A PARTIR DE UN EJEMPLO

Supongamos que para un repuesto tenemos:

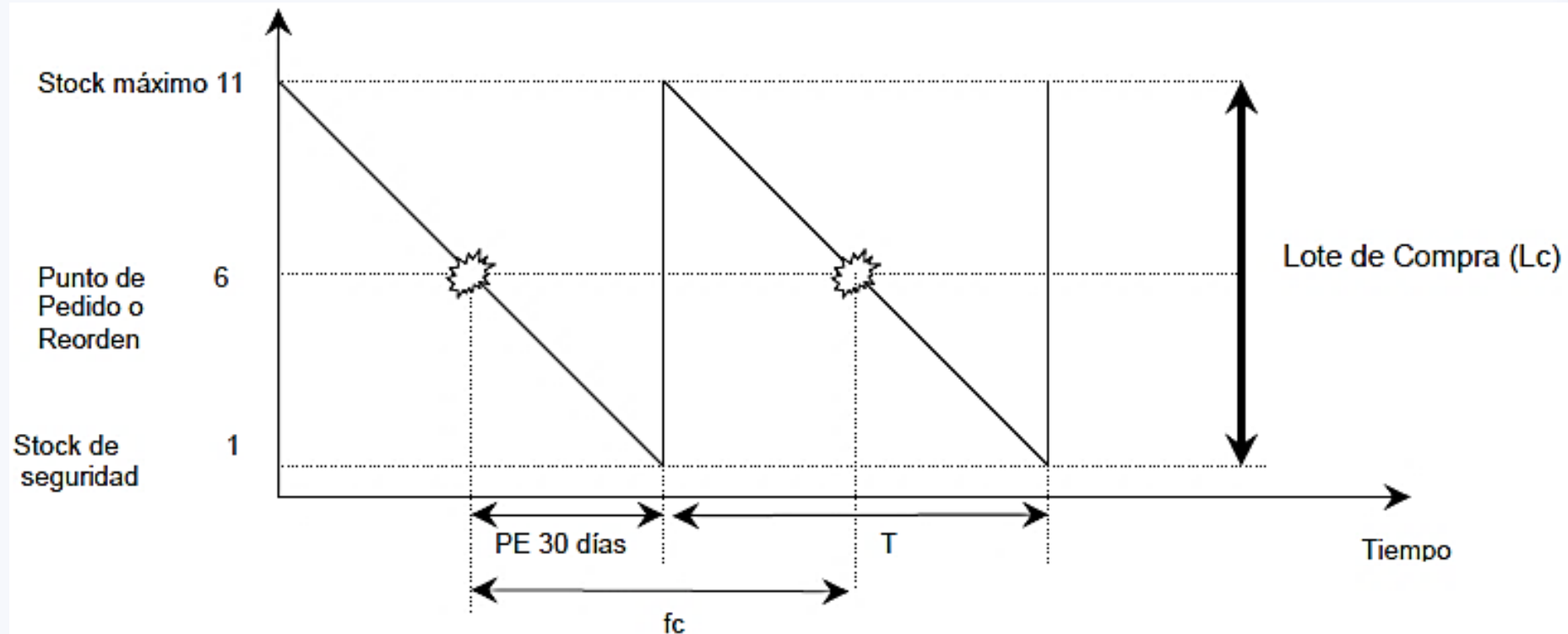
- Un plazo de entrega (PE) de 30 días, ya sea porque el proveedor deba fabricarlo o importarlo.
- Una demanda mensual (D_{mensual}) promedio de 5 unidades. Información que puede salir de los datos, por ejemplo, del último año donde se usaron 60 unidades.
- Suponemos para este ejemplo que en este momento hay un stock de 11 unidades en el almacén.

Si representáramos en una gráfica el cambio en el stock en función del tiempo, la demanda nos daría la pendiente de la recta. En este caso:

$$D = \frac{-5}{30} [\text{unidades/días}]$$

Además podemos establecer un stock de seguridad que nos proteja de las fluctuaciones inesperadas.

Supongamos un $SS = 1$ unidad.

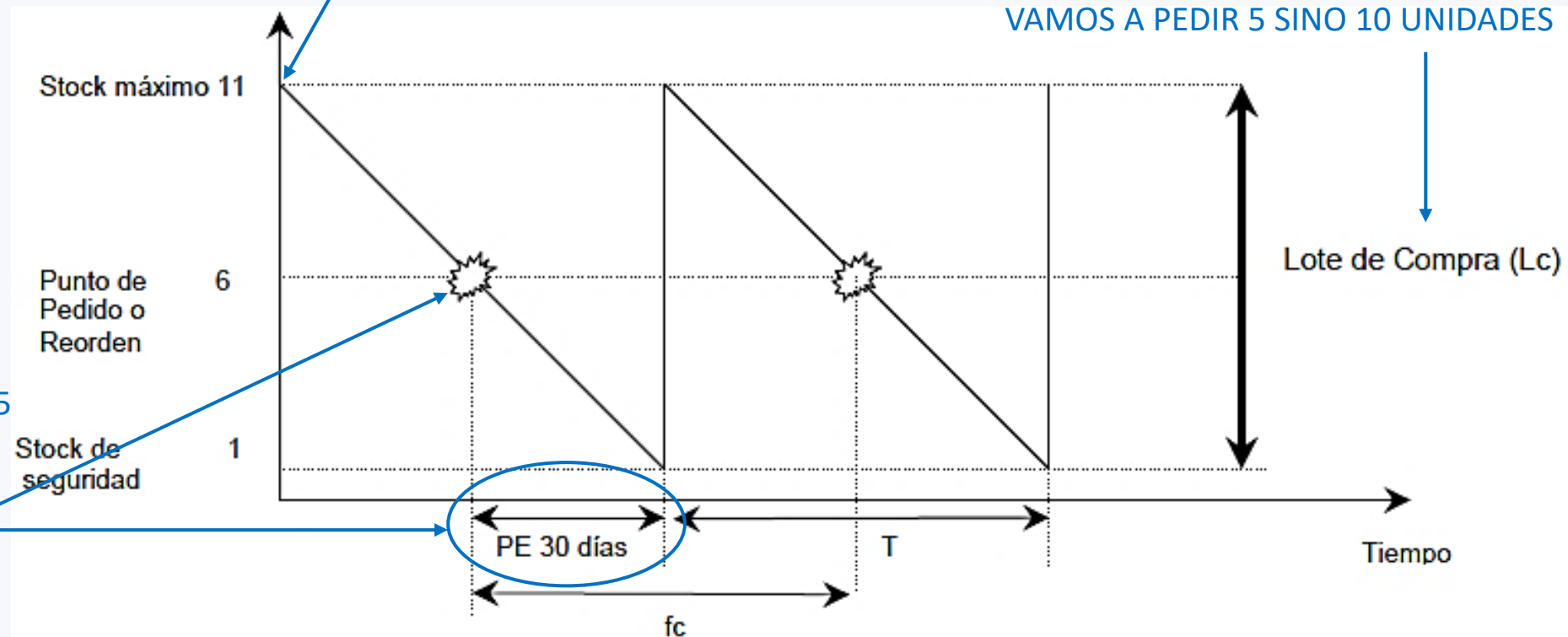


TEORÍA DE INVENTARIOS

DESARROLLO A PARTIR DE UN EJEMPLO

c) O SEA, COMENZAMOS CON 11 UNIDADES. DURANTE UN MES CONSUMIMOS 5 (QUEDAN 6) ENTONCES REALIZAMOS EL PEDIDO PORQUE SABEMOS QUE DEMORA OTRO MES EN LLEGAR. PERO ENTONCES, PARA VOLVER A TENER LA CANTIDAD INICIAL NO VAMOS A PEDIR 5 SINO 10 UNIDADES

a) COMENZAMOS CON 11 UNIDADES DISPONIBLES



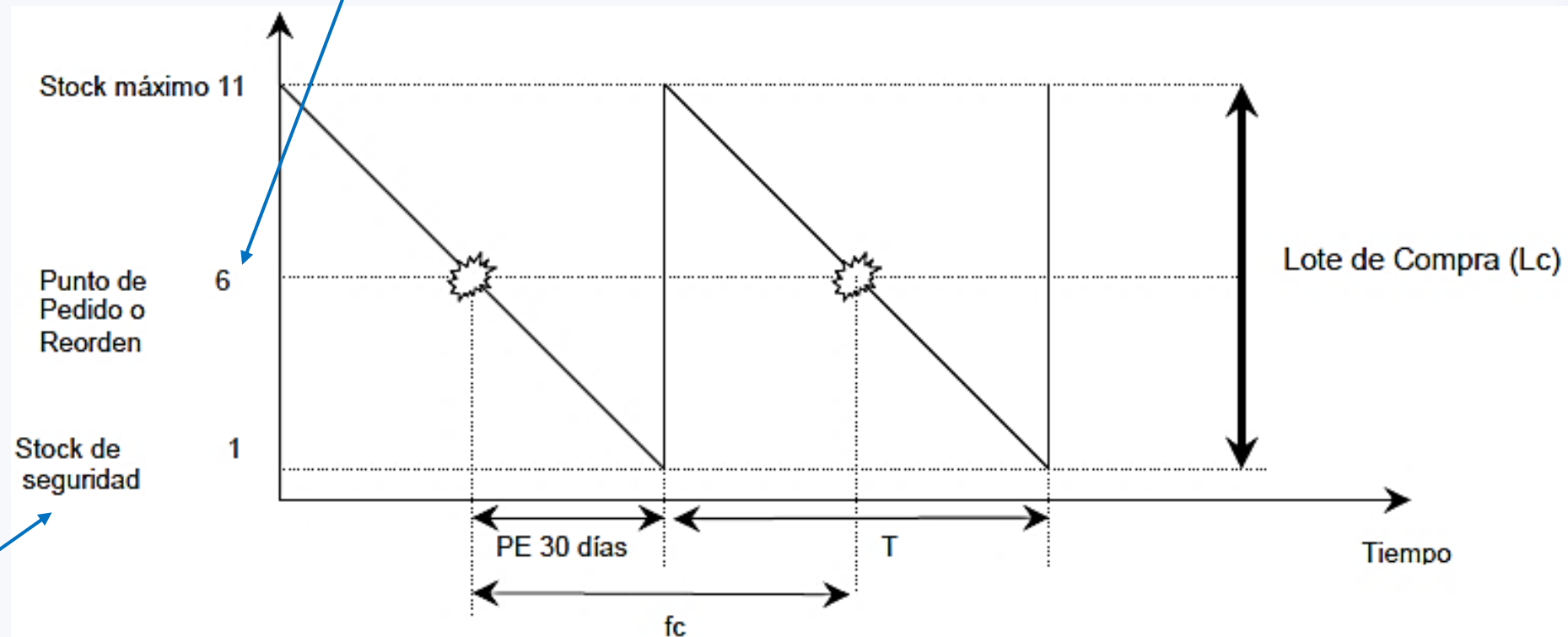
b) COMO EL PLAZO DE ENTREGA ES 30 DÍAS Y SABEMOS QUE CONSUMIMOS 5 UNIDADES AL MES, OBIAMENTE AL TOCAR LAS 6 UNIDADES DEBEREMOS HACER EL PEDIDO SI QUEREMOS MANTENER UNA UNIDAD COMO "COLCHÓN"

TEORÍA DE INVENTARIOS

DESARROLLO A PARTIR DE UN EJEMPLO

e) MATEMÁTICAMENTE, EL PUNTO DE PEDIDO O REORDEN ES EL PRODUCTO DEL PLAZO DE ENTREGA POR LA DEMANDA, MÁS EL STOCK DE SEGURIDAD:

$$PR = PE \cdot D_{\text{mensual}} + SS = 1[\text{mes}] \cdot 5 \left[\frac{\text{unidades}}{\text{mes}} \right] + 1[\text{unidad}]$$



d) UNA FORMA DE ESTABLECER EL STOCK DE SEGURIDAD ES CONOCER, ADEMÁS DE LA DEMANDA PROMEDIO, LA DEMANDA MÁXIMA.

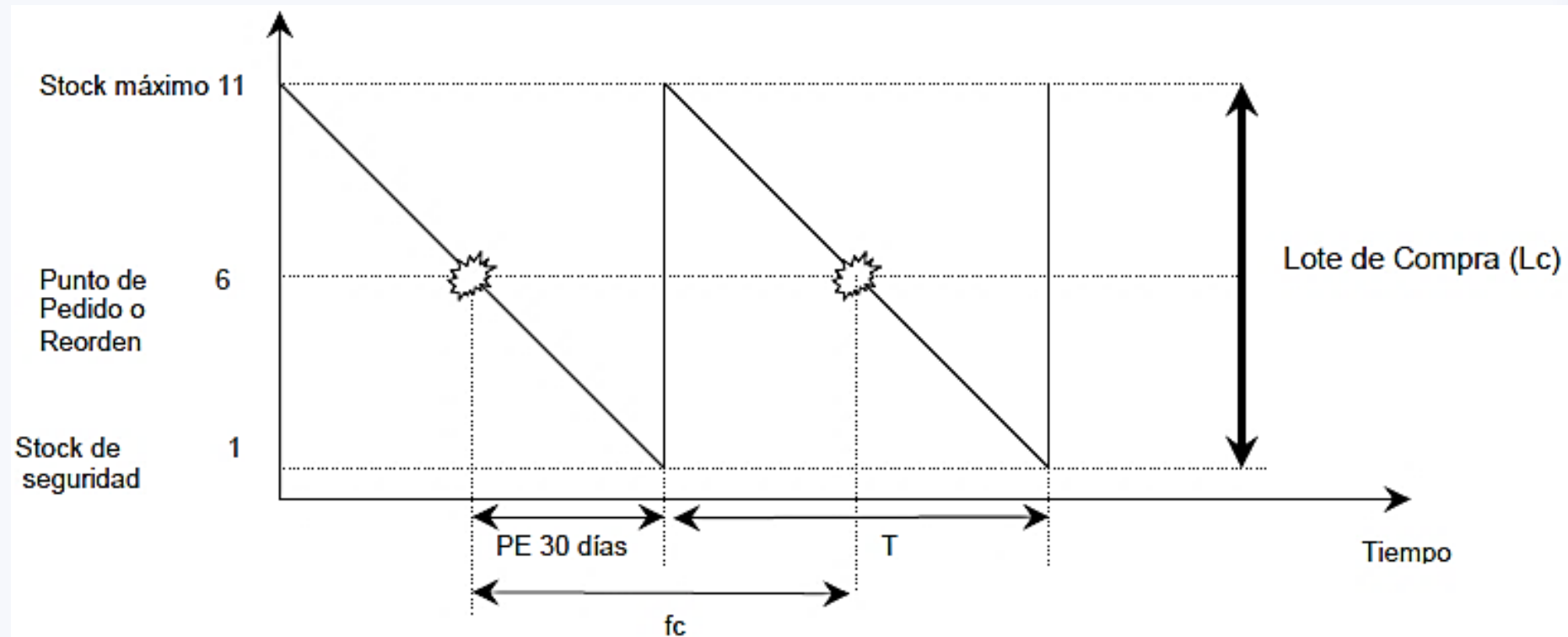
POR EJEMPLO, SI EN EL AÑO ANTERIOR SE USARON 60 DE ESTOS REPUESTOS PERO NO DE MANERA HOMOGÉNEA SINO QUE ALGUNOS MESES MENOS Y OTROS MÁS, Y EN CIERTO MES SU USÓ UN MÁXIMO DE 6 UNIDADES, ENTONCES:
 $SS = D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}} = 6 - 5 = 1$

TEORÍA DE INVENTARIOS

DESARROLLO A PARTIR DE UN EJEMPLO

¿QUÉ PASA SI EN VEZ DE 11 UNIDADES DECIDIMOS TENER 8 EN STOCK?

➤ La pendiente (demanda), el plazo de entrega y el stock de seguridad seguirán siendo los mismos. Así que el punto de reorden seguirá siendo 6. Entonces... ¿qué cambia?



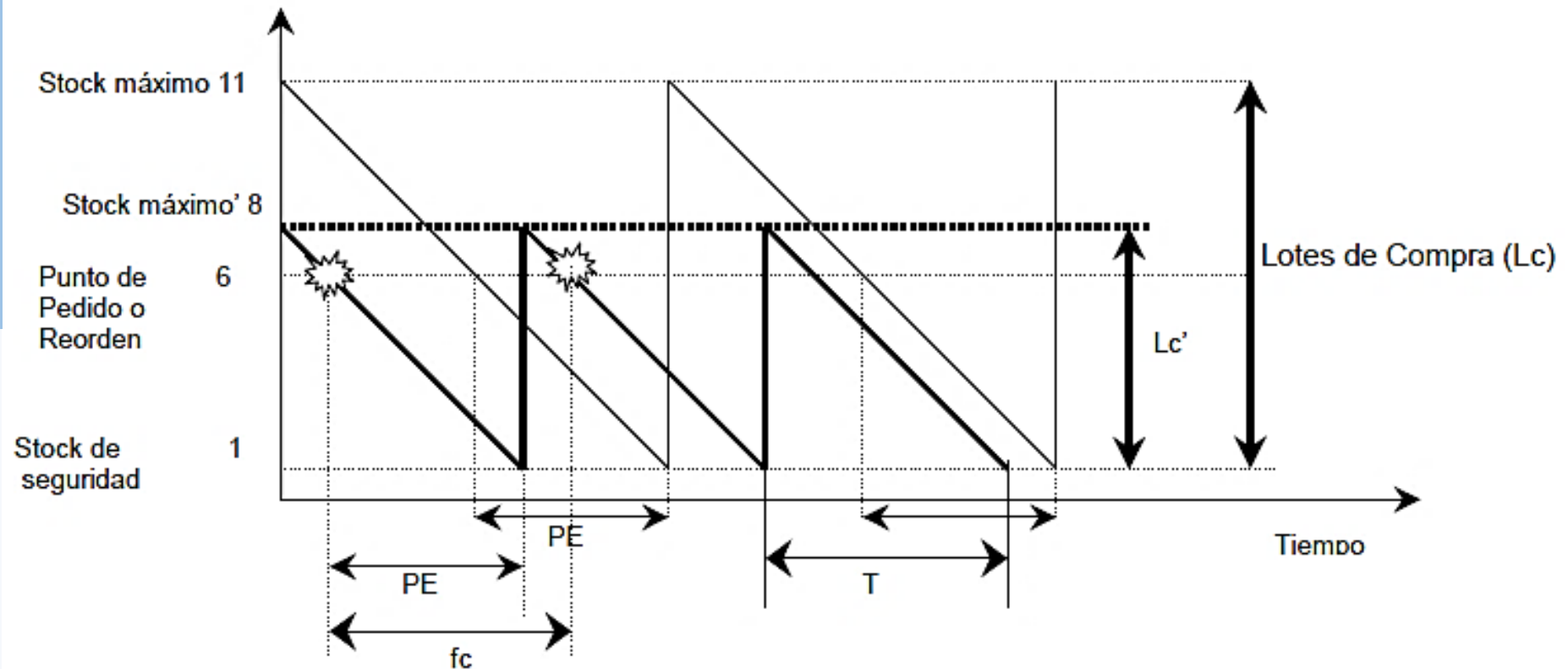
TEORÍA DE INVENTARIOS

DESARROLLO A PARTIR DE UN EJEMPLO

¿QUÉ PASA SI EN VEZ DE 11 UNIDADES DECIDIMOS TENER 8 EN STOCK?

➤ La pendiente (demanda), el plazo de entrega y el stock de seguridad seguirán siendo los mismos. Así que el punto de reorden seguirá siendo 6. Entonces... ¿qué cambia?

Lo que se da es un aumento en la frecuencia de pedidos de compra (f_c). Antes era de 60 días, ahora será aproximadamente de 42 días. Además se reduce el Lote de compra de 10 a 7 unidades.



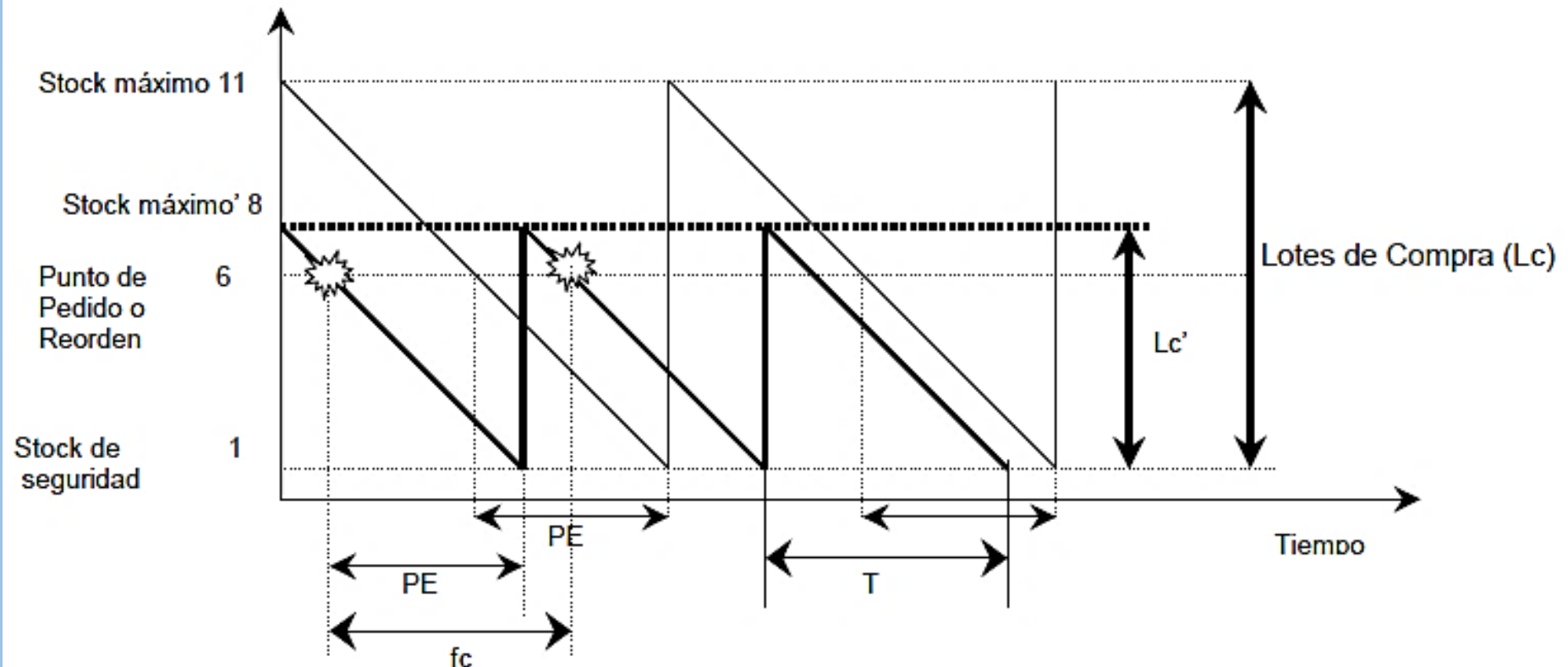
TEORÍA DE INVENTARIOS DESARROLLO A PARTIR DE UN EJEMPLO

ENTONCES... ¿CUÁL ES EL LOTE DE COMPRA ÓPTIMO EN CUANTO A COSTOS?

Sabemos que un excesivo nivel de inventarios es costoso. Pero, por otro lado, también lo será una excesiva frecuencia en las gestiones de compra (horas de personal administrativo, fletes, impuestos, etc.).

Para resolver este dilema es que aplicamos la fórmula de lote óptimo de compra:

$$q_e = \sqrt{\frac{2 K D}{b P}}$$



FIN DE LA PRIMERA PARTE.
GRACIAS POR SU ATENCIÓN.