



Universidad Nacional del Litoral
**FACULTAD DE INGENIERÍA
Y CIENCIAS HÍDRICAS**

Apunte de Cátedra

De

TEORIA DE STOCKS

Ing. Luis Traba

**Carrera: INGENIERÍA EN INFORMÁTICA
Cátedra: GESTIÓN DE EMPRESAS**



TEORIA DE STOCKS

1. Descripción del problema

Consideremos una empresa en la que, ya sea en función de su proceso de producción o para atender adecuadamente a sus clientes, le resulta imprescindible contar en forma segura, con una cierta cantidad de materia prima, de productos intermedios o de productos terminados para la venta, a fin de garantizar el normal desarrollo de su actividad.

Cual sería entonces la medida que solucionaría este problema fácilmente, sino almacenar grandes cantidades de los elementos citados, a fin de que nunca falten ante cualquier demanda. Evidentemente, esto no es tan sencillo, ya que implementar tal idea, a pesar de las ventajas obvias, implica una serie de problemas, a saber:

VENTAJAS	Disponibilidad ilimitada de artículos
	Menores costos de adquisición, por menores operaciones y mejor precio por cantidad
DESVENTAJAS	Debe disponerse de gran cantidad de capital
	Costo de oportunidad del capital inmovilizado en stock
	Debe disponerse de importantes sectores de almacenamiento
	Deterioro y/o obsolescencia del material
	Costos elevados de mantenimiento

Como se puede apreciar son mayores las desventajas, por lo que esta opción no es la mejor.

En el otro extremo se encuentra la alternativa de comprar la mínima cantidad que se necesita y en el momento que se lo necesita. Esto, no resiste el menor análisis, básicamente en función del riesgo de discontinuidad al que se expone a cualquier proceso de producción por falta de materia prima o la imposibilidad de asumir compromisos de venta, por este mismo motivo. Además, si queremos ver mas elementos negativos, se presentaría una suba intolerable de los costos de adquisición, en particular, y del sector de compras, en general.

Debemos buscar entonces el punto óptimo entre ambas posiciones, es decir, debemos efectuar un balance económico que nos diga **cuando y cuanto comprar**, de esa materia prima, de esos productos intermedios o de productos terminados para la venta, de tal manera que se contribuya a la mayor rentabilidad y competitividad de la empresa.

Una cierta cantidad de dichos elementos almacenados es denominada un **stock** de los mismos y la solución del interrogante planteado en el párrafo anterior es el objetivo de la **teoría de stocks**.

Resumiendo, el **control o gestión de stocks** puede definirse como un sistema de obtener, almacenar y abastecer determinados materiales o artículos, a fin de asegurar un suministro **eficiente** en cantidad y tiempo adecuados, de acuerdo a las necesidades de producción, utilización o venta.

2. Elementos de la Teoría de Stocks

Para tratar entonces, de resolver la problemática descrita, describamos los elementos del sistema que más relevancia tienen en el estudio del control de stocks:

Costo de adquisición o de compra - C_a : este factor considera todos los gastos que se realizan para que el bien adquirido llegue a los depósitos de la empresa, desde la decisión de compra, pasando por los costos administrativos, de personal, de transporte, etc., hasta la recepción de la mercadería. Evidentemente esta lista no es exhaustiva, pero si nos induce a deducir que el costo C_a esta compuesto por factores fijos, o sea independientes de la cantidad de artículos solicitados, y factores variables, que si

dependen de dicha cantidad. Los costos administrativos son un ejemplo de los primeros y los de transporte son de los segundos.

Si consideramos un cálculo anual de los costos en estudio, debemos tener en cuenta la cantidad de órdenes que se colocan por año - **n** - y si denominamos **K** a un valor estimado de los factores fijos y variables mencionados, tendremos:

$$C_a = K n$$

El cálculo de **K** no es sencillo y deben considerarse todos los factores intervinientes, estimándolo algunos autores en \$ 25.- por orden de compra y por todo concepto.

Precio de compra del bien - b : es el precio final al que el artículo fue adquirido, considerando intereses, impuestos, etc.

Costos de almacenamiento - C_{alm} : este componente se estima considerando una tasa **P** que mide, no sólo el interés anual que el capital inmovilizado devenga, sino también todos los costos operativos que implica un depósito con la mercadería. Los autores especializados han estimado este costo entre un 20 % y un 30 %, siendo este último razonable para nuestro país.

Este último factor es el objetivo a minimizar, cumpliendo, como ya vimos, la condición de garantizar la línea de producción o las ventas comprometidas, cualquiera sea el caso.

3. Análisis de la composición del stock - La curva ABC

Hasta ahora hemos considerado al stock como una sola masa de bienes, aparentemente todos iguales, pero esto es así sólo en contadas ocasiones. Generalmente, el analista se encuentra con una diversificación de bienes en una cantidad importante, tanto en característica propias como en costo, y debe definir como considera a cada uno y al conjunto, para calcular los distintos costos existentes.

En primer lugar, ante la diversidad y buscando el orden y control en su manipulación, los diferentes artículos deben normalizarse, o sea deben definirse patrones, estándares o categorías, en las que agrupar la mercadería y luego codificarla, a fin de su correcta identificación.

Luego, los bienes stockeados, deben someterse a un proceso de priorización en función de su consumo anual y de sus costo individual o unitario.

Este problema lo resuelve la teoría de la curva ABC.

El planteo, es que un porcentaje menor de los artículos concentra el mayor volumen de inversión de capital de una empresa y viceversa.

Su determinación se realiza de la siguiente manera:

1- Se listan todos los artículos que componen el stock de la empresa, o sea se construye **el inventario** y se determinan sus **consumos o demandas anualizados**, multiplicando el precio **b** de cada bien por su demanda en un año.

2- Se ordena la lista de consumos anuales que surge de la operación anterior en forma decreciente, o sea encabezará la lista el producto cuyo producto de precio por demanda es mayor y la terminará el menor de esos valores.

La suma total será el monto anual invertido por la empresa.

3- Para determinar las distintas clases de artículos se utiliza la lista de consumos anualizados ordenada donde, según el criterio ABC, el 85 % del monto total invertido estará controlado por el 10 o el 15 % de los artículos del inventario, que serán los denominados de **clase A**.

4- De la misma manera, si se continua con el análisis, un 25 % del inventario controlaría el 90 % de dicho monto, denominándose artículos de **clase B**.

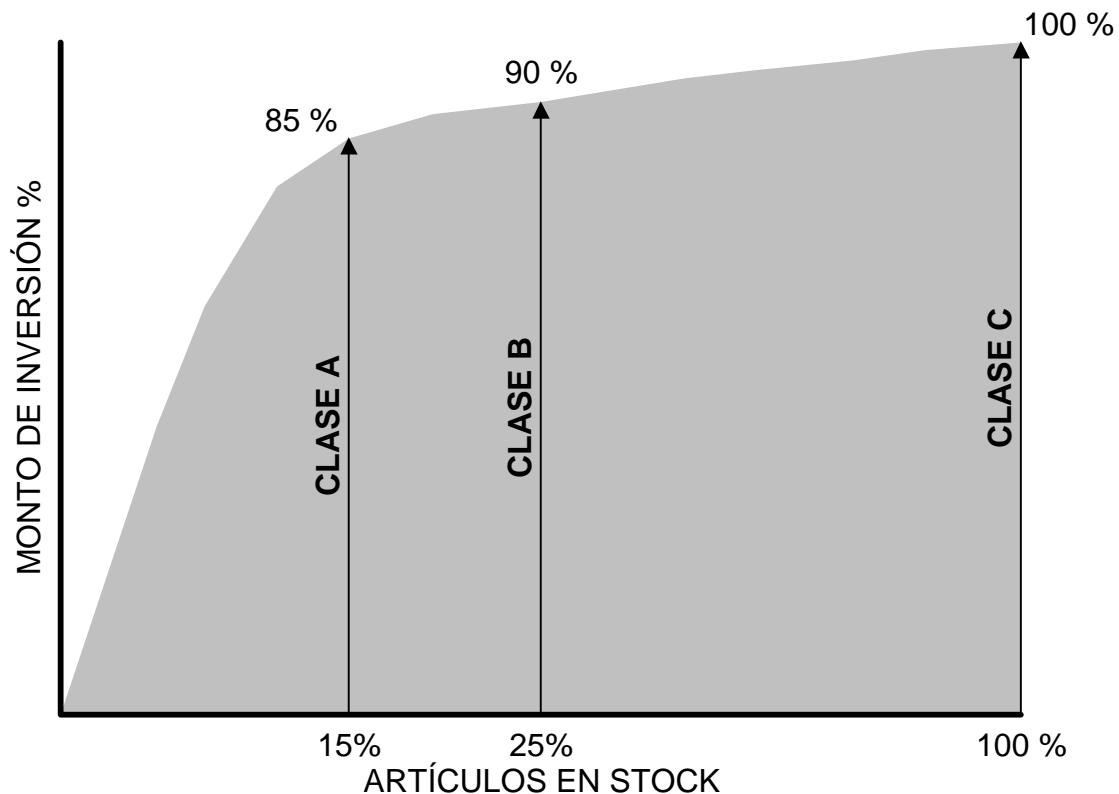
5- Finalmente, el resto del inventario, un 75 % de los artículos, solo representaría el 10 % restante de la inversión de la empresa.

6- Para ver gráficamente este planteo, se puede construir una curva en un par de ejes coordenados. En el eje de las abscisas se colocaría el listado de los artículos y en el de ordenadas los montos invertidos en cada uno de ellos, esto también en su representación porcentual, como se puede ver en el Gráfico correspondiente.

7- Se deben considerar las siguientes restricciones al seguir este proceso:

- Incorporar solo los artículos de consumo o demanda continua o común y no los ocasionales o excepcionales.
- Tener en cuenta la estacionalidad o condición de artículo de moda de algunos componentes del stock.
- El estudio según este método pone de manifiesto la importancia de artículos de uso diario, de poco valor, pero de un gran consumo anual que los ubica en la clase A.

Gráfico de la Curva ABC:



La conclusión mas importante, en referencia a nuestro problema, es vislumbrar la posibilidad de controlar el destino de la mayor parte de la inversión en una menor parte de los ítems de nuestro inventario, lo que motivará distintos tratamientos de acuerdo a la categoría de cada componente del stock.

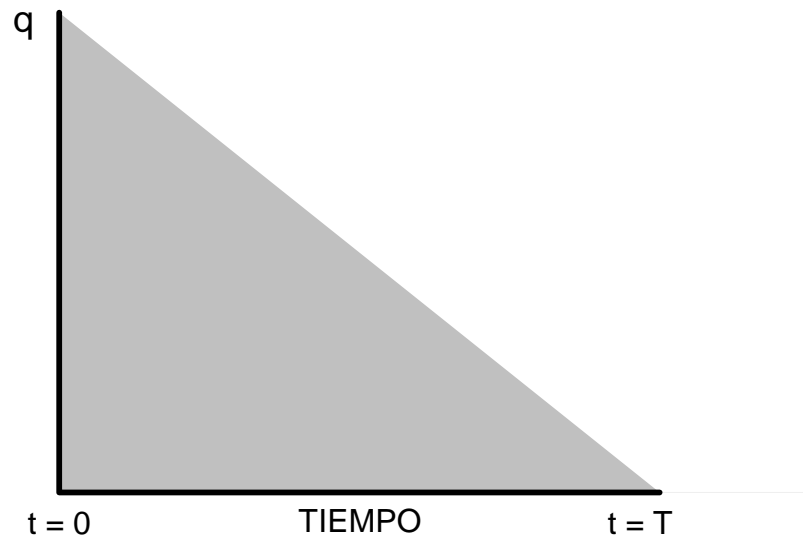
Finalmente, conviene destacar que la teoría de la curva ABC, se puede utilizar para cualquier situación donde sea necesario separar lo esencial de lo trivial. Ejemplos de ello pueden ser: la determinación de los clientes mas importantes en volumen de demandas a fin de orientar la producción, o los consumos en medicamentos de un hospital a fin de controlar su uso, etc.

4. El balance económico

Como habíamos señalado, la respuesta a nuestro problema era saber “*cuando*” y “*cuanto*” comprar, considerando la diferenciación de cada ítem según su importancia en la inversión de la empresa.

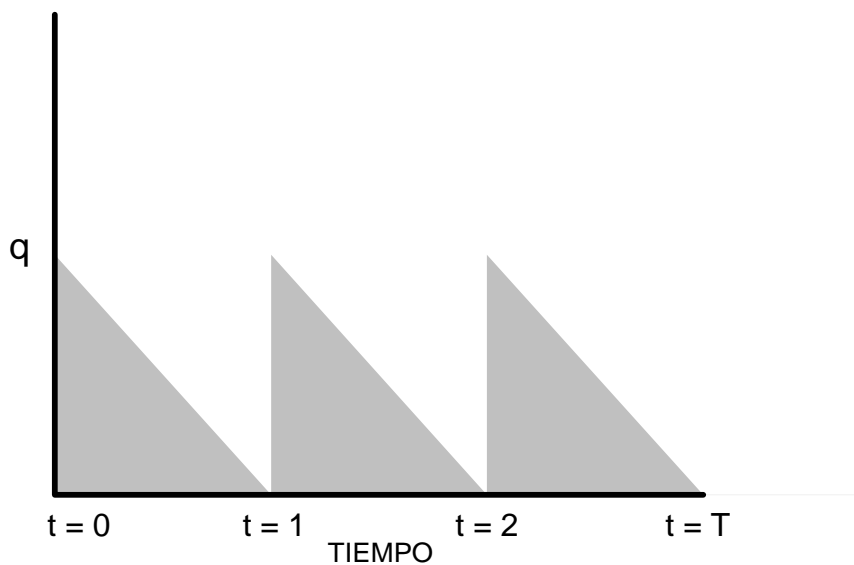
Para ello, debemos analizar la evolución del stock en el tiempo, o sea el nivel de acumulación en nuestros almacenes de los productos estudiados como balance entre las compras y los consumos efectuados.

Si compramos una sola vez por período, por ejemplo en un año, tendremos una gráfica representando el nivel de stock en función del tiempo de la siguiente manera:



Esta representación indica que en el momento $t = 0$ hay q unidades y en el $t = T$, hay cero unidades, en base a un consumo uniforme en el tiempo.

Ahora, si compramos mas veces en ese mismo período, por ejemplo tres o más, tendremos lo siguiente:



Como podemos apreciar, tendremos un valor de q , denominado lote de compra, para cada período o intervalo de compra, el 100 % en el primer caso y la tercera parte en el segundo, o sea tendremos varios “**cuanto**” y varios “**cuando**”. Debemos determinar cual es el mejor, ya que si bien podemos reducir los costos de almacenamiento al comprar mas seguido, por esa misma razón aumentarán los costos de adquisición.

Para ello, debemos calcular para cada modalidad de compra el costo total, resultante de la suma entre el costo de adquisición, C_a y el costo de almacenamiento, C_{alm} , cuyas expresiones son las siguientes:

$$C_{alm} = \frac{1}{2} q b i t_1 n$$

$$C_a = K n$$

Donde:

i : es el costo o tasa diaria de almacenamiento

t_1 : período o intervalo de tiempo considerado

n : frecuencia de compra por período T

El procedimiento sería calcular CTE, costo total esperado, para cada frecuencia de compra, y, por ende, para cada lote, a saber:

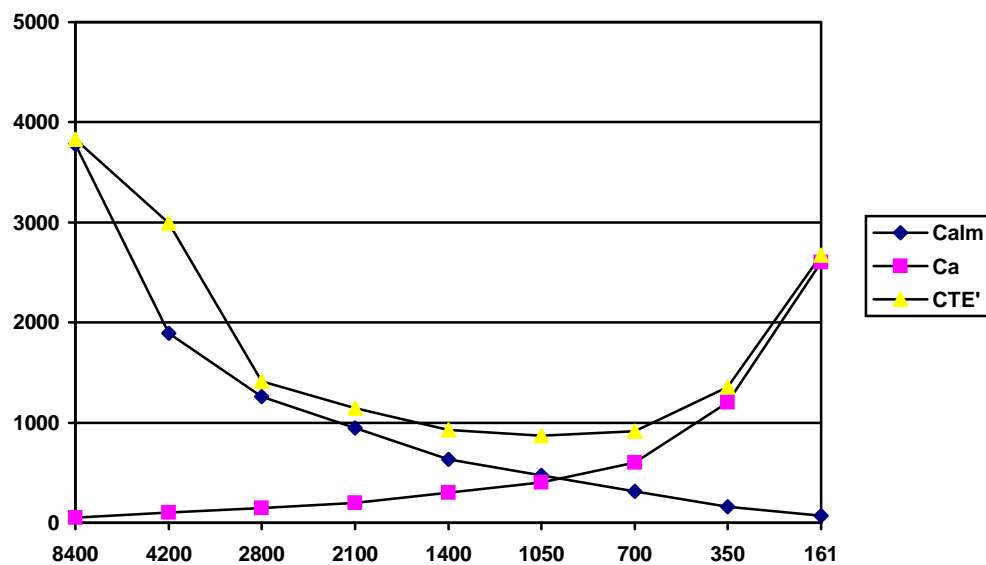
$$CTE = K n + \frac{1}{2} q b P + b D$$

Como el último término es constante para cada una de las modalidades de compra analizadas, podemos utilizar la expresión siguiente para un análisis comparativo:

$$CTE' = K n + \frac{1}{2} q b P$$

Si comparamos los resultados obtenidos en una tabla, determinando para cual combinación es menor, tendremos la certeza de cuanto comprar, q_e , y cuando hacerlo, cada t_1 días o n veces en el año, de manera de optimizar los costos totales esperados.

Aplicando valores de un ejemplo que veremos mas adelante, se puede apreciar gráficamente:



Analíticamente, podemos determinar las expresiones de los citados parámetros, o sea el **lote óptimo q_e** y de **n** , la frecuencia que determina el **período de compra**, a saber :

$$q_e = (2 K D / b P)^{1/2}$$

$$n = D / q_e$$

Donde:

K : costo de adquisición

D : demanda anual

P : tasa anual de almacenamiento

En ocasiones puede ser interesante determinar el costo de tener almacenada anualmente una unidad de cada ítem:

$$c_1 = b P$$

También se puede calcular el costo del espacio ocupado por él durante una año:

$$C_e = a e q$$

Al incorporar este costo en CTE', la fórmula del lote óptimo deducida de allí quedaría:

$$q_e = (2 K D / (b P + 2 a e))^{1/2}$$

Finalmente conviene señalar que la expresión del lote económico, o mejor dicho su valor, tiene una cierta sensibilidad, observable en la gráfica de CTE'.

Allí, se puede ver que en los valores cercanos a q_e la mencionada curva es prácticamente plana, por lo que una variación no significativa en el valor del lote de adquisición alrededor de q_e no significaría una gran variación, siempre en alza por ser q_e el mínimo, en el costo total.

Según se puede apreciar en la bibliografía recomendada, una variación en q_e del 27 % en menos o de 37 % en más, no incrementa a CTE' en más de un 5 %, dato importantísimo a fin de flexibilizar la actividad de compra.

5. La Política de Stocks

El producto final, el que sintetiza todo el análisis desarrollado hasta aquí, es lo que se denomina una **Política de Stocks**.

Para la determinación de la política de stock de nuestra empresa, debemos considerar que tipo de artículos tenemos en stock y cual es la conformación en el tiempo de nuestra demanda, de manera de poder establecer lotes y períodos adecuados a nuestras necesidades.

Existen dos políticas tipo, una plantea la **revisión periódica** del stock a fin de establecer las necesidades y proyectar las adquisiciones, la otra, propone la **reposición por cantidades fijas** en fecha variables en función de las necesidades de producción.

5.1. Método de Revisión Periódica

Esta metodología consiste en establecer fecha fijas de revisión de las existencias de un ítem, con el fin de determinar el stock remanente y pedir, si es necesario, un lote determinado en función de dichas existencias y el consumo durante la demora en el reaprovisionamiento.

Es decir, en fechas prefijadas, comparar el **stock remanente** con el **consumo probable** durante la reposición, en función de un **nivel de stock de protección**.

El objetivo del cálculo es determinar el pedido de modo que a su llegada la depósito, el nivel de stock quede en una cantidad igual al stock de protección mas el del lote óptimo.

Veamos entonces, **cuando** pedir:

$$p = q_e / c$$

Donde q_e es el lote óptimo y c el consumo diario del ítem.

Y **cuanto** pedir:

$$q = c (p + d + S_p) - (S_{rem} + C_{esp})$$

Donde S_p es el stock de protección, S_{rem} es el stock remanente y C_{esp} es la cantidad o consumo esperado hasta la reposición.

En la bibliografía recomendada se puede ver la deducción de las expresiones planteadas, así como una aplicación práctica del método.

Finalmente, podemos decir que la ventaja principal de esta forma de manejar los stocks es poder tener un control estricto de los artículos de **clase A**, es decir los mas importantes en gasto y por lo tanto los que menos se quiere tener inmovilizados, además de poder hacer coincidir los períodos de revisión con los de producción y garantizar el abastecimiento de la misma, al mínimo costo de almacenamiento.

5.2. Método de reposición de cantidades fijas en fechas variables

Como se pudo apreciar en la anterior metodología la primera determinación es cuando se debe pedir, aquí se propone efectuar ese pedido cuando el nivel del stock llega a un punto denominado de **reordenamiento**, o también **stock de pedido**. La cantidad que se solicita es siempre la misma e igual al lote económico, q_e .

Por otro lado, este método trabaja en base a la demanda anual sin considerar específicamente las variaciones en la producción, derivadas de las ventas, empleándose entonces para los artículos de clase B y C por su manejo global en función de las existencias.

Desde el punto de vista del mantenimiento, al solo controlar un nivel de stock determinado resulta mas sencillo que el de revisiones periódicas y por lo tanto mas barato, aunque de control menos estricto.

Para esto, se calcula el stock de protección y el lote económico de la manera usual, quedando determinados los límites de oscilación de las existencias.

Dentro de este denominado **método de máximos y mínimos**, cuando se llega al punto de pedido o de reordenamiento, se solicita una cantidad igual a la diferencia entre él y el máximo, actuando así el punto de reordenamiento como mínimo:

$$q = \text{Lim}_{\text{max}} - S_{\text{remanente}}$$

Para calcular el stock de protección, S_p , debe determinarse que cantidad de agotamientos se tolera, en tanto por ciento, considerándose para un factor constante H para ese porcentaje y el consumo diario, a saber:

$$S_p = H (c d)^{1/2}$$

Y, el punto de pedido, q_p , será el stock de protección mas lo que se consumirá durante el reaprovisionamiento:

$$q_{\text{pedido}} = c d + H (c d)^{1/2}$$

Algunas veces, por razones prácticas, este valor se fija arbitrariamente, coincidiendo el límite mínimo con el stock de protección y encontrando el límite máximo al sumarle el q_e .

Como conclusión, podemos decir que al seleccionar nuestra política de stock debemos considerar en primer lugar que tipo de artículos tenemos predominan en nuestro inventario.

En función de ello, debemos tener en cuenta que, el método de revisión periódica, es adecuado para artículos costosos, que implican un gran capital inmovilizado cuando el stock es importante, o sea los de clase A.

Por otro lado, si, por los ítems considerados, no es tan importante ese monto, como es el caso de los de clase B o C, podemos decir que el sistema de reposición fija es mas adecuado por su menor costo y su mayor practicidad de operación.

Finalmente, sintetizamos que, el primer método, establece **cuanto** pedir en cada fecha predeterminada, mientras que el segundo nos dice **cuando** pedir una cantidad asimilable al lote óptimo.

6. Un caso práctico

Sea el caso de una empresa que tiene una demanda anual (D) de 8400 unidades de un cierto ítem, cuyo precio unitario es de \$ 3.-. Se ha estimado que el costo por orden (K) es de \$ 50.- y que la tasa de almacenamiento (P) es del 30 % anual.

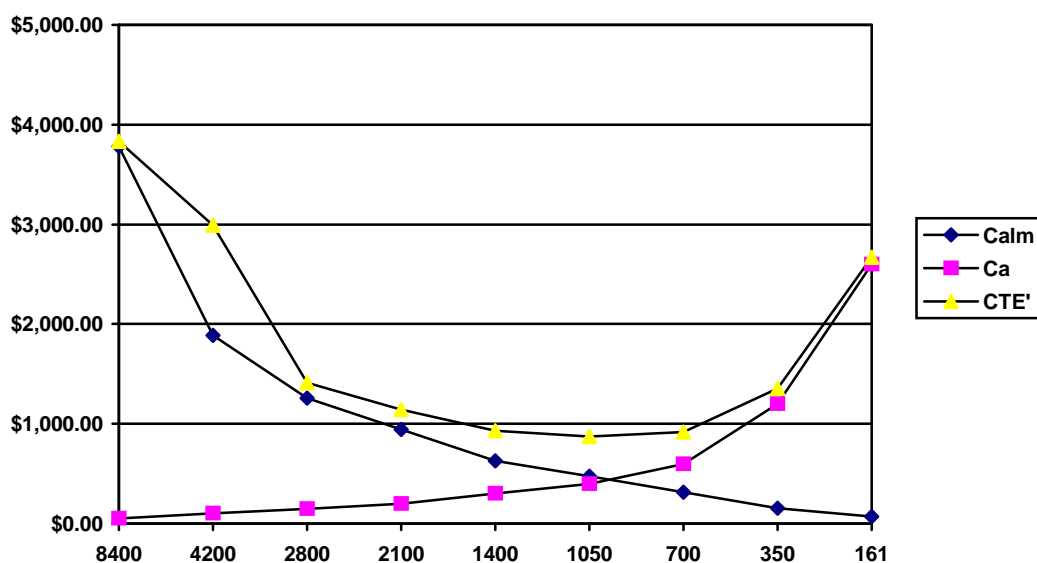
Podemos adoptar diversas modalidades de compra y en función de ello se tendrán diversos costos, veamos cual es la mejor en una sencilla tabla:

Modalidad de compra	Frecuencia de compra n veces por año	Lote a comprar $q = D / n$	Costo de almacenam. C_{alm}	Costo de adquisición $C_a = n K$	Costo Total $CTE = C_{alm} + C_a$
Anual	1	8400	3780.00	50	3830.00
Semestral	2	4200	1890.00	100	1990.00
Cuatrimestral	3	2800	1260.00	150	1410.00
Trimestral	4	2100	945.00	200	1145.00
Bimestral	6	1400	630.00	300	930.00
Cada 45 días	8	1050	472.50	400	872.50
Mensual	12	700	315.00	600	915.00
Quincenal	24	350	157.50	1200	1375.50
Semanal	52	161	72.45	2600	2672.45

Donde el C_{alm} esta calculado por la expresión expuesta en el punto 4.

Como se puede apreciar el período de compra que minimiza los costos totales es el de 45 días de intervalo entre una compra y otra.

Repetimos aquí la gráfica ya presentada en la página 5, donde se puede apreciar el mínimo de CTE' en el valor de lote de 1050, tal como se determina en la tabla:



Ahora, el Costo Total Esperado (CTE) es de:

$$CTE = CTE' + b D \quad CTE = 869,25 + 3 \times 8400$$

$$CTE = \$ 26069,25.-$$

Por otro lado, analíticamente se puede determinar también cuanto:

$$q_e = (2 K D / b P) \quad q_e = (2 \times 50 \times 8400 / 3 \times 0,30)$$

$$q_e = 965 \text{ unidades} \quad \alpha 1050 \text{ de la Tabla}$$

Y cuando:

$$n = D / q_e$$

$$n = 8400 / 965$$

$$n = 8,7 \Rightarrow \text{Frecuencia de compra} = 42 \text{ días} \quad \alpha 45 \text{ días de la Tabla}$$

7. La Simulación en el control de stocks

Hemos dejado en claro en todo este trabajo la importancia del control de stocks en una empresa, a partir del hecho de que es una actividad periódica, habitual, importante en el cumplimiento de sus objetivos de producción o comercialización y apuntando a la reducción de los costos operativos de dichos procesos. Para que esto sea así, se debe implementar de manera de que se desarrolle el mencionado control de forma ágil y a un mínimo costo.

La técnica que se ajusta perfectamente a esta necesidad es la de la **Simulación**. Esta consiste en la construcción de un modelo matemático del sistema considerado, de manera que, al representar fielmente su comportamiento, podamos analizar los cambios que se produciría en el sistema al cambiar ciertas variables o al evolucionar las mismas de una determinada manera en el tiempo.

Además de las ventajas de economía, velocidad y exactitud que posee la simulación, podemos agregar la coincidencia de que tiene la misma característica de **método no optimizante** que la Teoría de Stocks.

Esto significa, que se debe aplicar con una cierta configuración de las variables y obtener ciertos y determinados resultados, los que, siendo satisfactorios, implicarán la adopción de los valores otorgados a las variables y si no, su variación para otra prueba.

Todas estas características, otorga a quien aplique la simulación, la posibilidad de probar una gran cantidad de configuraciones del sistema y seleccionar la más conveniente en cada momento y para cada caso.

De hecho, si consideramos a un modelo como un grupo de ecuaciones matemáticas y órdenes lógicas que se ordenan en función de representar el funcionamiento de un determinado sistema, las técnicas de políticas de stocks, el Método de Revisión Periódica y el de Reposición de Cantidades Fijas en fechas variables, antes descriptos, son en sí mismos bases para la construcción de **modelos de un sistema de stocks**.

7.1. Un modelo para el control de stocks

Para poder implementar un buen sistema de seguimiento del inventario de una empresa, que sea eficaz y a un mínimo costo, debemos en primera instancia, establecer los parámetros esenciales que determinan la política a aplicar: cuando y cuanto comprar, en función del tipo de artículos que lo componen.

En este sentido, es necesario realizar una serie de consideraciones que impondrán condicionamientos al trabajo:

- Se deben realizar una serie de **simplificaciones** de manera de poder construir el modelo. Tal es así, que el ejemplo aquí presentado es solamente representativo de la potencialidad del método.
- Tanto la demanda, como el tiempo de reposición son **variables aleatorias**, de las que se debe previamente determinar su distribución de probabilidades.
- El objetivo es, usualmente, encontrar **el lote óptimo (q_e) y el punto de reordenamiento óptimos**, para lo que se hace coincidir este último con el **stock de protección (S_p)**. Esto significa que estamos predefiniendo, en base a nuestro conocimiento del sistema, tanto la política a adoptar, cantidad fija en un período variable, como el tipo de artículos que componen nuestro inventario, clases B o C. Otros objetivos posibles podrían ser **evitar los agotamientos** en el depósito, que implican merma en la producción o en las ventas, **minimizar los costos de mantenimiento** de las existencias al minimizar el nivel de inventario, etc.
- Si bien los cálculos habituales de costos son anuales, a los efectos de la simulación definiremos como paso de tiempo en el modelo el **mensual**.

Seguidamente definiremos las variables que integrarán nuestro modelo:

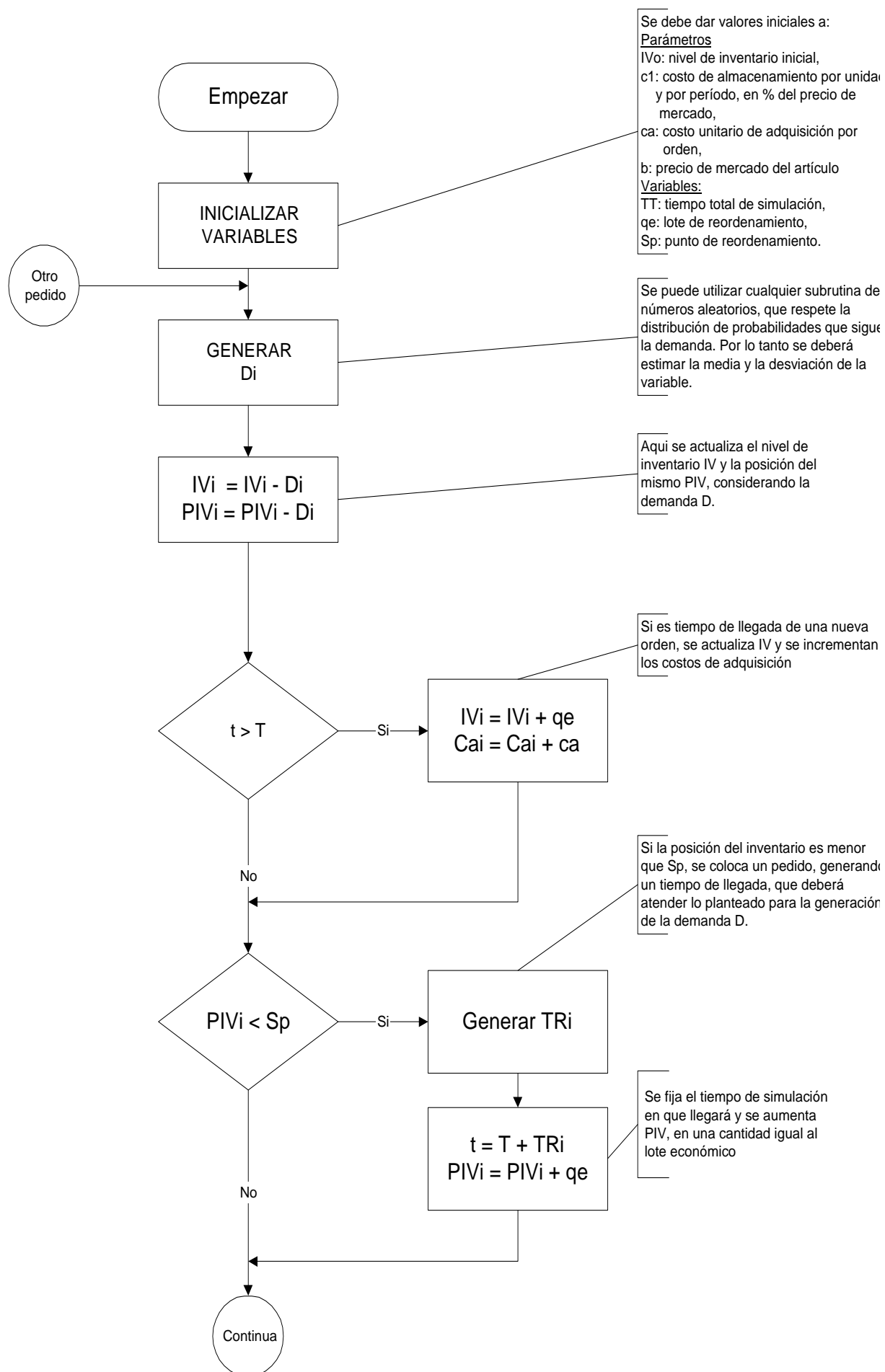
q_e : lote óptimo

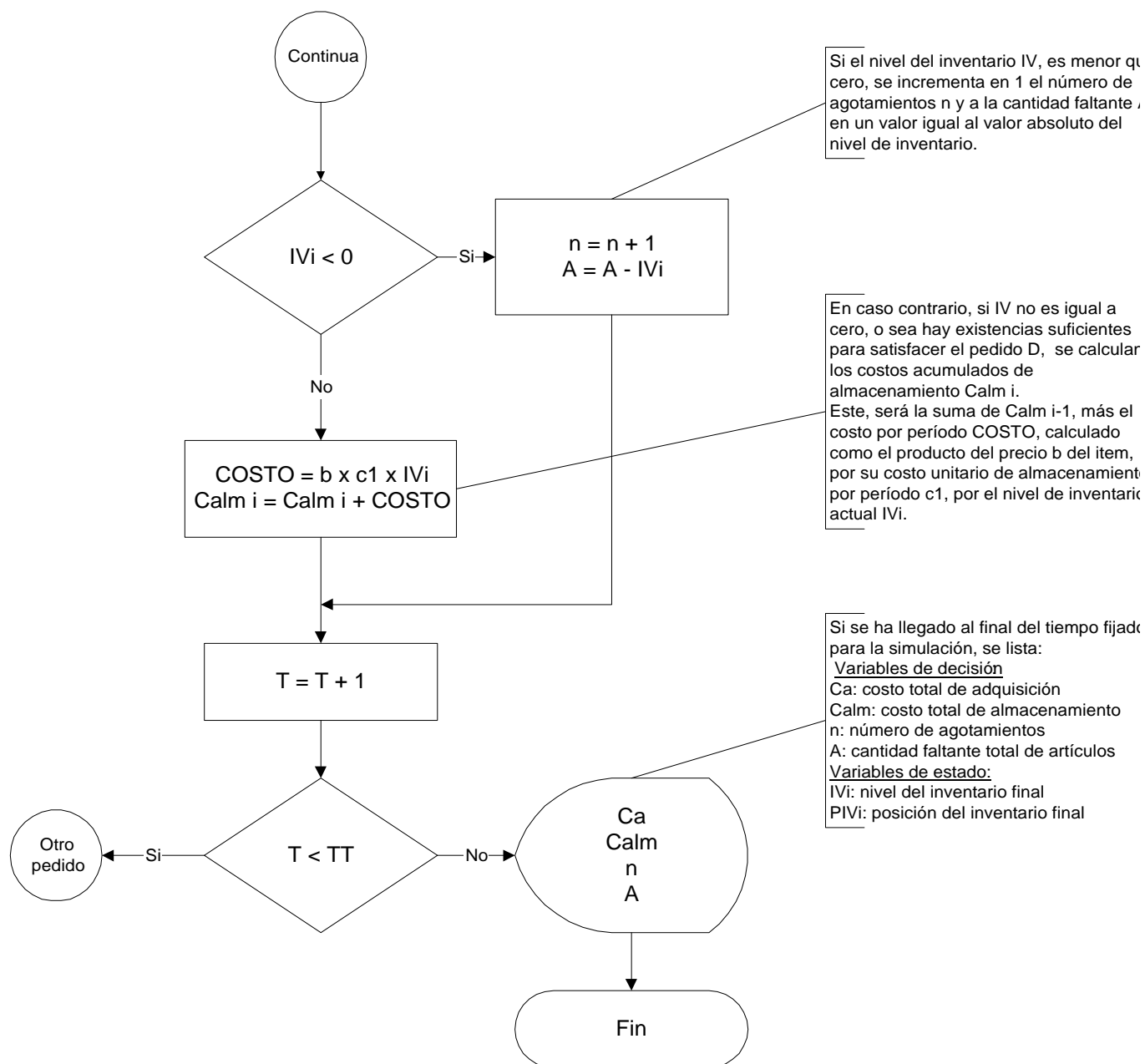
S_p : Stock de protección o punto de reordenamiento
 D_i : demanda en el período i
 TR_j : tiempo de reposición de la orden j
 c_1 : costo unitario mensual de almacenamiento (%)
 c_a : costo mensual de adquisición, preparación u ordenamiento
 IV_0 : nivel de inventario inicial
 TT : tiempo total de simulación
 b : precio unitario del producto

Otras variables que integran el sistema pero que es conveniente individualizar, son las de estado, ya que representan al sistema en un momento determinado cualquiera de la simulación:

T : tiempo transcurrido
 t : tiempo de llegada de la próxima orden
 IV_i : nivel del inventario físico al final del período i
 PIV_i : posición del inventario = actual + órdenes pendientes
 $Calm_i$: costos totales de almacenamiento
 Ca_i : costos totales de adquisición u ordenamiento
 n : número de agotamientos
 A : cantidad faltante total

Una vez definidas las variables, se debe establecer en que forma o secuencia se comportan, mediante un **algoritmo** expresado en un diagrama de flujo, como el que sigue, con un detalle de los procesos que debemos prever en su operación:





Este diagrama se convierte en un programa de computadora en un lenguaje adecuado que se debe operar como se planteó antes al definir la simulación como técnica y al modelo como su herramienta, o sea de la siguiente manera:

1. Se estiman los valores probables de las variables de decisión q_e y S_p por otros métodos, de manera de tener un dato inicial para operar el modelo.
2. Se determina el tiempo total de simulación TT, el que podría ser un período fiscal o una temporada o la fecha de inicio y fin de un balance.
3. Se estima la distribución de probabilidades de las variables aleatorias D y t, así como su valor medio histórico y su desviación estándar. Así se podrá aplicar la rutina de números aleatorios que mejor se adapte al caso.
4. Se corre el modelo con los valores de los parámetros IV_0 , c_1 , ca y b , y con los valores estimados de las variables de decisión TT, q_e y S_p .
5. Los valores obtenidos se registran y se corre el modelo con otros valores de las variables de decisión.
6. Los puntos 4 y 5 se pueden repetir las veces necesarias, hasta cumplir con los objetivos de la simulación.

Podemos aplicar este modelo con un caso cualquiera y comprobar la utilidad de esta técnica sencilla y de gran aplicación, a saber:

Variables de decisión:

$TT = 90$
 $q_e = 50$
 $S_p = 12$

Parámetros:

$IVo = 60$
 $c_1 = 0.0065$
 $c_a = 15600$
 $b = 9600$

Resultados de una corrida:

Nº de pedidos = 22
Nº de agotamientos = 0
Faltante = 0

Costos ventas perdidas = 0
Costo total de mantenimiento = 1158518.4
Costo total de adquisición = 343200
Costos totales = 1501718.4