

Modelos de Gestión de Stocks

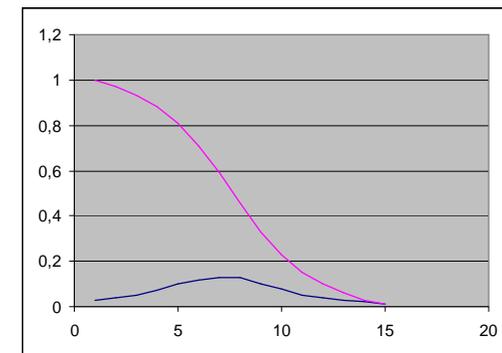
Cuándo y Cuánto Comprar...

Índice

- ▶ **Introducción**
- ▶ **El problema de un único periodo**
 - ▶ Objetivos y Propósito
 - ▶ La importancia de los Modelos
 - ▶ Costes en la Gestión de Stocks
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Continua**
 - ▶ Gestión por Punto de Pedido
 - ▶ Gestión por Aprovisionamiento Periódico
 - ▶ Y algunas variantes
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Discreta**
 - ▶ Por Periodos
 - ▶ Modelo de Programación Matemática
 - ▶ Modelo Wagner-Within de Grafos

El Problema de Un Único Periodo

- Se da el problema de gestión de stocks con un único periodo cuando sólo se puede lanzar un pedido durante todo el ciclo de vida del producto.
 - ▶ El ejemplo clásico es el del vendedor del periódicos, pero también se da el mismo problema en el sector de la moda, o incluso en productos donde el grado de obsolescencia posible es muy elevado.
 - ▶ También se da el mismo problema en aquellas circunstancias en que el pedido a realizar es el último para ese producto concreto.
- ▶ El problema consiste en determinar la cantidad a comprar, conociendo :
 - ▶ PV El precio de vender la enésima unidad
 - ▶ VR Valor Residual del producto.
 - ▶ C Coste de Adquisición del Producto.
 - ▶ p La distribución de probabilidad de las unidades a vender.



Cómo calcular la cantidad a pedir.

- ▶ En el caso de que se disponga de la anterior información, se debe comprar la cantidad que maximice el beneficio.
- ▶ Para ello, hay que comprar M unidades,.
- ▶ Siendo M el menor número que permite que que la probabilidad de vender la M -ésima unidad es $P(x \geq M)$

$$P(x \geq M) \geq \frac{PV - C}{PV - VR}$$

Índice

- ▶ **Introducción**
- ▶ **El problema de un único periodo**
 - ▶ Objetivos y Propósito
 - ▶ La importancia de los Modelos
 - ▶ Costes en la Gestión de Stocks
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Continua**
 - ▶ Gestión por Punto de Pedido
 - ▶ Gestión por Aprovisionamiento Periódico
 - ▶ Y algunas variantes
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Discreta**
 - ▶ Por Periodos
 - ▶ Modelo de Programación Matemática
 - ▶ Modelo Wagner-Within de Grafos

Objetivo

▶ 3 cuestiones:

- ¿Cada cuánto revisar los niveles de stock?
- ¿Cuándo lanzar la orden de producción?
- ¿Cuánto comprar cada vez?

▶ 2 condiciones:

- Garantizar un determinado nivel de servicio (*probabilidad que el stock este disponible para cubrir la demanda*)
- Coste global mínimo

▶ La gestión de stocks

Requiere de una proyección de la evolución futura del stock que nos permite establecer un programa de compras controlando los pedidos a los proveedores

- ## ▶ Administrar un stock
- es actuar de forma que se encuentre constantemente en condiciones de responder a las demandas de los clientes, de los usuarios de los artículos almacenados

Conceptos relacionados

- Nivel de existencias
- Variedad de artículos en stock
- Rotación de los stocks
- Servicio a producción
- Espacio para almacenaje
- Existencias de productos en curso
- Registro de las existencias
- Tiempo de fabricación
- Paradas en la producción
- Flujo uniforme de materiales
- Reducción de las fluctuaciones estacionales y de otras
- Relación con las ventas
- Plazos de entrega
- Tiempo de anticipación de la reserva o petición
- Cantidad en las ordenes de compra y producción
- Costes de los stocks

Un buen sistema de Gestión de Stocks

▶ Fiable

- ▶ Conocer lo que se tiene, y tener lo que se necesita.

▶ Flexible

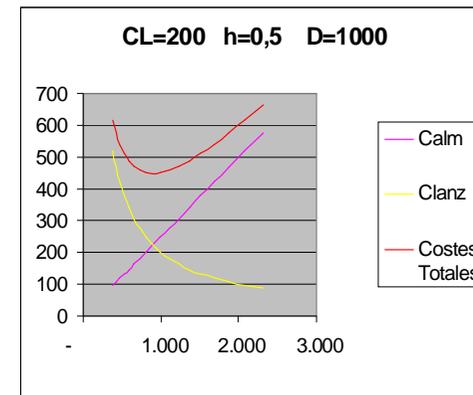
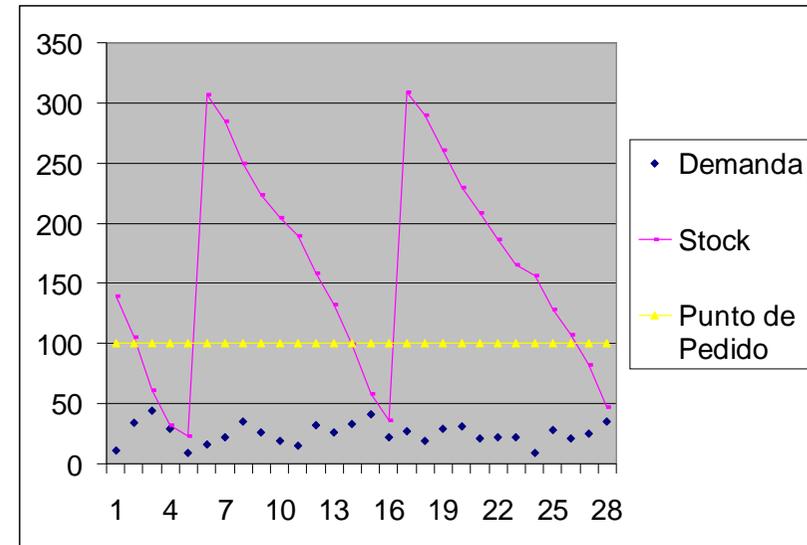
- ▶ Un buen sistema de gestión debe ser suficientemente **flexible** para reaccionar rápidamente ante un cambio de la demanda o del suministro

▶ Económicamente Racional

- ▶ Una empresa típica tiene invertido en stocks aproximadamente el 34% de sus activos, representado además el 90% de su capital circulante

¿Para qué sirven los modelos de Gestión de Stocks?

- ▶ Los Modelos permiten gestionar automáticamente.
- ▶ Los Modelos permiten gestionar de forma simple.
- ▶ El uso de modelos dota de estabilidad.
- ▶ El uso de modelos es "óptimo".
- ▶ Los modelos permiten diseñar sistemas físicos.
- ▶ Los modelos permiten evaluar el coste de los cambios.
- ▶ Los modelos permiten "discutir" sobre datos.



Costes del stock

- ▶ **Coste adquisición = $D * C_u$**
 Donde: d = cantidad comprada
 C_u = Coste de adquirir una unidad de producto a almacenar

- ▶ **Coste lanzamiento = $D/Q * C_I$**
 Donde: Q : cantidad almacenada

- ▶ **Coste almacenamiento = $k * C_u * Q/2$**
 Donde: k : coste de almacenamiento por unidad monetario durante el horizonte

- ▶ El **Coste Total** de aprovisionamiento excluyendo el Coste de adquisición será de:

$$C_t(Q) = D/Q * C_I + Q/2 * k * C_u$$



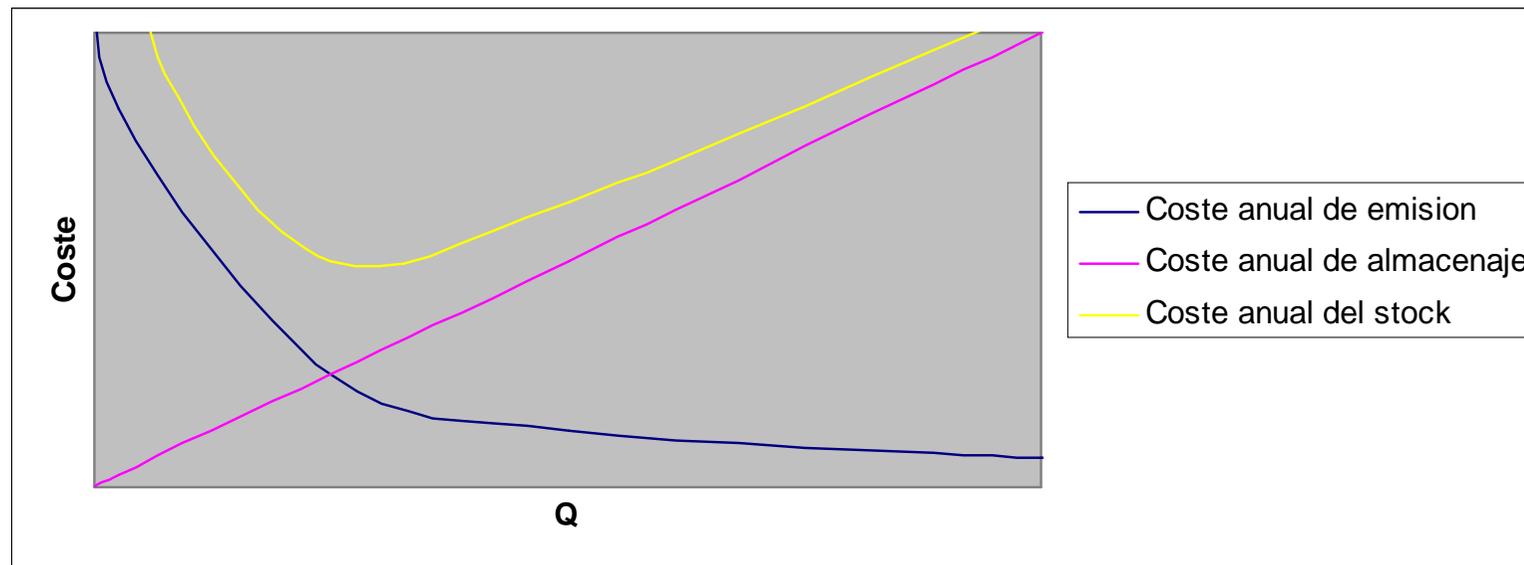
Otros Costes del stock

▶ Coste de rotura de stock o escasez:

- El mas difícil a establecer
- Lo difícil es calcular los costes originados por la ruptura del stock. Les llamaremos costes de carencia
- Los **costes de carencia** dependen del numero de artículos no servidos y de la duración de la carencia. Son los derivados de tener demanda de un producto y no poder servirlo por no tener en stock
- Hay algunos sistemas de gestión de stocks que permiten la ruptura de stock, es decir permiten que lleguen pedidos que no se pueden atender en el momento por la falta de stock, pero que se servirán tan pronto haya stock suficiente. Se llama **demanda diferida**



Costes del stock



La representación gráfica del coste total anual muestra un punto de la curva de coste anual del stock en función de Q que presenta un mínimo. A este valor de la cantidad del lote que hace que los costes relevantes de la gestión de stocks sean mínimos le llamamos **lote económico de pedido (Q^*)**, siendo el CT^* el correspondiente coste total anual mínimo.

Índice

- ▶ **Introducción**
- ▶ **El problema de un único periodo**
 - ▶ Objetivos y Propósito
 - ▶ La importancia de los Modelos
 - ▶ Costes en la Gestión de Stocks
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Continua**
 - ▶ Gestión por Punto de Pedido
 - ▶ Gestión por Aprovisionamiento Periódico
 - ▶ Y algunas variantes
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Discreta**
 - ▶ Por Periodos
 - ▶ Modelo de Programación Matemática
 - ▶ Modelo Wagner-Within de Grafos

Gestión de Stocks de demanda continua

Cada **cierto tiempo** T se revisa el stock de un producto, y si se dan ciertas circunstancias el nivel está por debajo de una **cierta cantidad** s se pide una **cierta cantidad**.

El tiempo T puede ser nulo (Revisión Continua) o puede ser un valor fijo (Revisión Periódica).

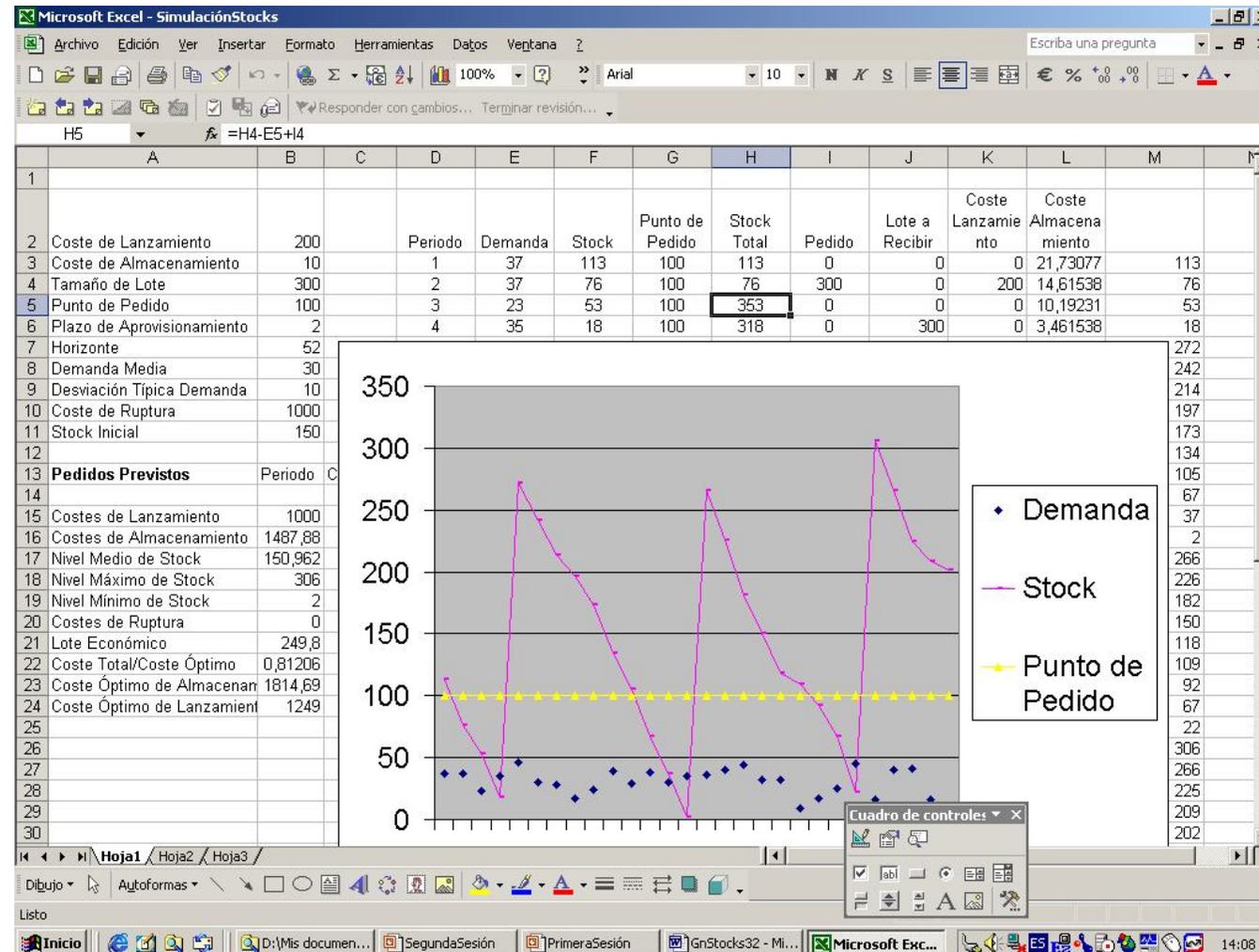
La circunstancia suele ser que la cantidad en stock sea menor que una cierta cantidad.

La cantidad a pedir puede ser fija (Lote Fijo) o dependiente del nivel de stock presente y del deseado.

Los dos métodos básicos

- ▶ **Revisión Continua con Lote Fijo.**
 - ▶ El nivel de stock que lanza un pedido se llama Punto de Pedido (Reorder Point, ROP)
 - ▶ El Lote de Pedido se decide inicialmente y siempre será el mismo. (Economic Order Quantity)
- ▶ **Revisión Periódica con Nivel Máximo**
 - ▶ Se marca un Nivel Máximo de stock deseado (Order Upto Level, OUL).
 - ▶ Se calcula el Periodo Económico
- ▶ **Y algunas variantes**
 - ▶ Métodos (s,S)
 - ▶ Método de las dos cajas
 - ▶ Método $(S-1,S)$

Aproximación ...qué pasa si...



Gestión de Stocks por Punto de Pedido

- ▶ **Cúando comprar?**
 - ▶ Cuando se alcance un determinado nivel de stock.
- ▶ **Cuánto comprar?**
 - ▶ Lo que equilibre los costes de lanzamiento con los costes de almacenamiento

Datos Básicos para la Gestión de Stocks por Punto de Pedido.

- *Plazo de aprovisionamiento / entrega (PA)*: Es el plazo que tarda en estar disponible un pedido desde que es solicitado.
- *Nivel de Servicio por ciclo (NSC)*: Expresado en porcentaje indica la probabilidad que se desea que no incurra en ruptura de stock en cada nuevo reaprovisionamiento.
- *Coste de lanzamiento (CL)*: Es el coste de lanzar un pedido o una orden de fabricación.
- *Coste unitario (Cu)*: Es el coste de adquirir una unidad de producto a almacenar.
- *Horizonte (H)*: Es el número de periodos de previsión que se considera para los cálculos de costes totales.
- *Demanda (d)*: La demanda durante un Periodo de Previsión.
- *Desviación de la demanda (6d)*: Desviación típica de la demanda durante el Periodo de Previsión.
- *Coste de Almacenar (h)*: Coste de Almacenamiento por unidad de compra durante el Horizonte.
- *Coste de Almacenar (k)*: Coste de Almacenamiento por unidad monetaria durante el Horizonte.

Cálculo del Lote Económico

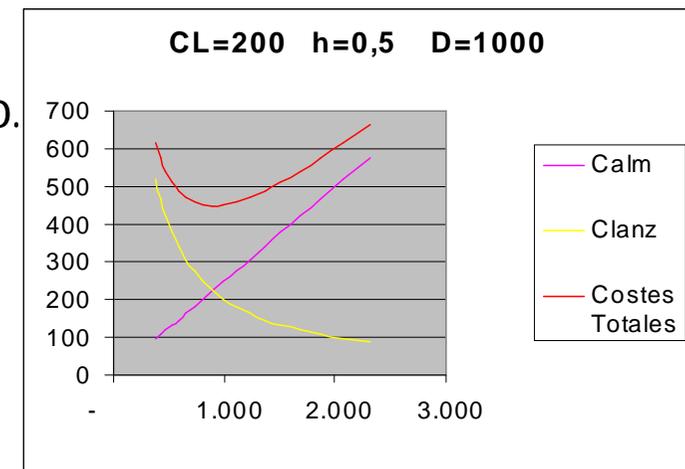
- ▶ La Fórmula de los Costes Totales queda:

$$CT(Q) = CL \frac{D}{Q} + h \frac{Q}{2}$$

- ▶ Derivando e igualando a 0 se obtiene el valor óptimo.

$$-\frac{CL}{Q^2} D + \frac{h}{2} = 0$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot CL \cdot D}{h}}$$



$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot CL \cdot D}{h}} = 394,97$$

El valor de la Cantidad Fija a Pedir puede ser cualquiera, aunque siempre será más caro que el óptimo.

Cálculo del Lote Económico. Inconvenientes.

- ▶ Algunas de las críticas más habituales a esta fórmula son:
 - ▶ Los Costes de Lanzamiento son difíciles de conocer.
 - ▶ Los Costes de Almacenamiento son difíciles de conocer.
 - ▶ Se refiere a un único producto.
 - ▶ La demanda real, generalmente, no es constante
 - ▶ El resultado que se obtiene es un número generalmente con decimales, lo que dista de la realidad que marca unidades de carga reconocidas.
- ▶ Críticas más sofisticadas incluyen consideraciones cómo:
 - ▶ Los costes de Lanzamiento pueden no existir.
 - ▶ Los costes de Almacenamiento pueden ser variables según el capital inmovilizado.
 - ▶ Existen, a menudo, restricciones de transporte que impiden el uso de esta técnica.
 - ▶ No incluye Costes de Adquisición, y por tanto descuentos...

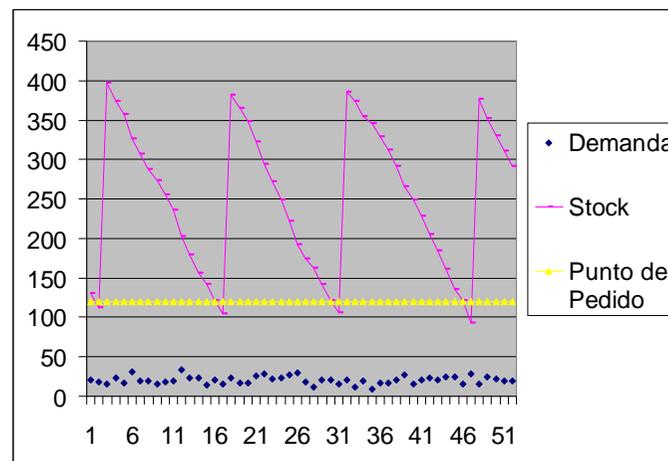
Cálculo del Lote Económico

- ▶ En su defensa se puede decir:
 - ▶ Conceptualmente pone de manifiesto la existencia de dos factores de coste opuestos.
 - ▶ La exactitud en los datos necesaria no es estricta necesaria, puesto que la curva de costes totales es suficientemente insensible a cambios en los datos.
 - ▶ El resultado permite ser redondeado sin alejarse excesivamente del óptimo
 - ▶ Si hay factores que deban ser tenidos en cuenta, como los descuentos o las restricciones de transporte, la fórmula debe ser modificada para adecuarse a dicha circunstancia.
 - ▶ Cierta variabilidad en la Demanda no afecta al rendimiento de la fórmula.
 - ▶ Más vale tener una fórmula que tener que inventar todos los datos.
 - ▶ La fórmula puede ser utilizada para evaluar sistemas de aprovisionamiento (Por ejemplo, camión grande frente a camión pequeño)
 - ▶ La fórmula puede ser utilizada en entornos multiproducto. (Por ejemplo cuando un mismo proveedor suministra diferentes productos.)

Gestión por Punto de Pedido

Si $Stock \leq Punto\ de\ Pedido$ Entonces Pedir (Q)

- ▶ Cuando el Stock alcanza un valor inferior al punto de pedido se lanza una cantidad constante de unidades.



- ▶ El Punto de Pedido es la cantidad máxima de producto que se está dispuesto a servir durante el Plazo de Aprovisionamiento.
- ▶ La cantidad a pedir minimiza la suma de los costes de lanzamiento, adquisición y almacenamiento.

Aproximación Teórica al Punto de Pedido

▶ Punto de Pedido

- ▶ Demanda Máxima durante el Plazo de Aprovisionamiento.

$$PP = d \cdot PA + ss = d \cdot PA + z\sigma \sqrt{PA}$$

- ▶ El Primer término corresponde a la demanda prevista durante el Plazo de Entrega del Proveedor

Este número se puede recalcular cada vez.

- ▶ El Segundo Término corresponde al error previsto de la previsión de la demanda

Tener un stock de seguridad de 6 veces el error absoluto medio cubre el 99,99% de los ciclos.

Índice

- ▶ **Introducción**
- ▶ **El problema de un único periodo**
 - ▶ Objetivos y Propósito
 - ▶ La importancia de los Modelos
 - ▶ Costes en la Gestión de Stocks
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Continua**
 - ▶ Gestión por Punto de Pedido
 - ▶ Gestión por Aprovisionamiento Periódico
 - ▶ Y algunas variantes
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Discreta**
 - ▶ Por Periodos
 - ▶ Modelo de Programación Matemática
 - ▶ Modelo Wagner-Within de Grafos

Modelo por Aprovisionamiento Periódico

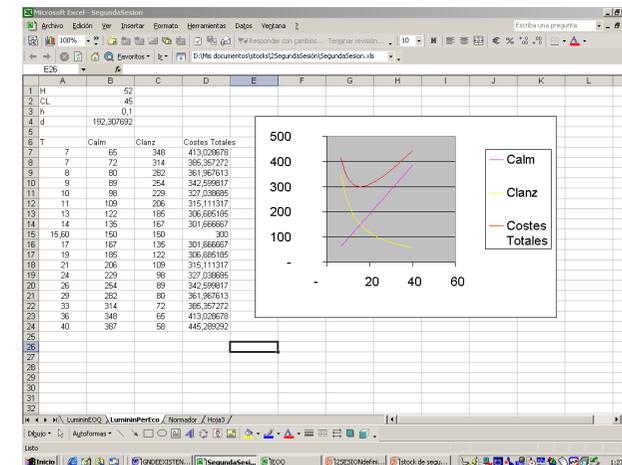
- ▶ En este modelo se responde primero el cuándo pedir y luego el cuánto?
- ▶ Cuándo pedir?
 - ▶ Cada cierto tiempo prefijado, ni demasiado frecuentemente, ni demasiado espaciado, para compensar los costes de lanzamiento con los costes de almacenamiento
- ▶ Cuánto pedir?
 - ▶ Lo que permita sobrevivir hasta que nos traigan lo que pidamos en la próxima petición.

Cálculo del Periodo de Revisión Óptimo

- ▶ El cálculo del Periodo de Revisión Óptimo se realiza de modo equivalente al cálculo del Lote Óptimo.
- ▶ Se deben calcular los Costes Totales que incluyen los costes de almacenamiento y los de lanzamiento.
- ▶ Los Costes de Almacenamiento son proporcionales al Periodo de Revisión.
- ▶ Los Costes de Lanzamiento son inversamente proporcionales al Periodo de Revisión

- Los datos básicos son:
 - CL Coste Lanzamiento. Coste Fijo asociado a la adquisición.
 - h Coste de almacenar una unidad de producto durante el Horizonte.
 - d Demanda durante un Periodo de Previsión.
 - H Horizonte de Planificación
- Se pretende conocer:
 - T*: Periodo Óptimo de Revisión.

$$T = \sqrt{\frac{2 \cdot CL \cdot H}{h \cdot d}}$$



Periodo de Revisión en Potencias de 2

- ▶ Los periodos de Revisión Fraccionarios no parecen una buena política.
- ▶ Este motivo conduce al surgimiento de las denominadas políticas en potencias de 2.
- ▶ Consiste en redondear el periodo de revisión anteriormente calculado a la potencia de 2 más próxima.
- ▶ Es decir que para calcular el periodo óptimo según “potencias-de-2” sólo hay que encontrar el entero más pequeño que cumple:

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot T^* \leq 2^n \cdot T_B$$

- ▶ En esta fórmula T_B representa el denominado Periodo básico, es decir la unidad mínima de tiempo considerada.

Cálculo del Periodo en Potencias de 2

- ▶ Así pues, la fórmula que permitirá calcular el periodo de revisión en potencias de 2 es la siguiente:

$$2^{\text{int}\left(\log_2\left(\sqrt{\frac{CL \cdot H}{h \cdot d}}\right) + 1\right)}$$

- ▶ Donde int representa la parte entera del número real.
- ▶ La anterior expresión se representa en Excel del siguiente modo

$$=2^{(\text{ENTERO}(\text{LOG}(\text{RAIZ}(\text{CLanz} * \text{Horiz}/h/d);2)+1))}$$

Periodos de Revisión en Potencias de 2

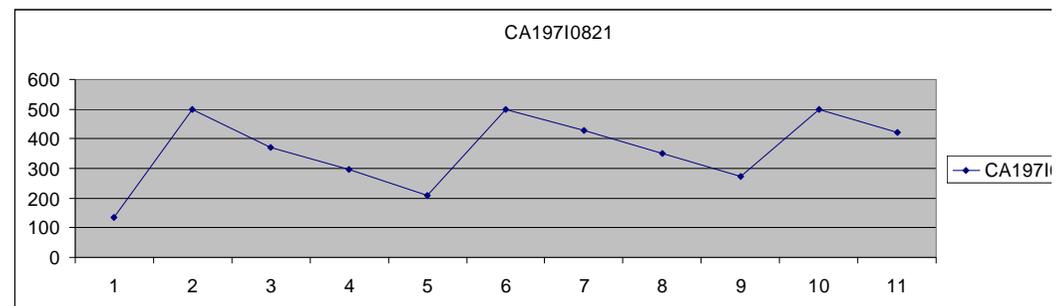
- ▶ Aunque parece una sofisticación innecesaria, lo cierto es que la definición de periodos en potencias de 2, constituye una aportación interesante, en tanto :
 - ▶ a) Permite alcanzar una estabilidad real
 - ▶ b) Facilita la realización de programas visuales
 - ▶ c) Favorece la integración entre diferentes niveles de la cadena de aprovisionamiento y distribución
 - ▶ d) Es óptima en costes.
 - ▶ e) Es de aplicación fácil, (aunque de cálculo complejo).
 - ▶ f) Facilita la planificación de entregas, recuentos...
- ▶ De hecho en muchas industrias se llega de manera natural a métodos de trabajo similares.
 - ▶ Pagos que se hacen los días terminados en 7.
 - ▶ Entregas de material sólo los lunes.
 - ▶ Periodos de revisión de 1 mes.

Gestión por Aprovisionamiento Periódico

Si se cumple el tiempo Entonces Pedir (NMAX-Stock)

- ▶ Un sistema de Aprovisionamiento Periódico consiste básicamente en definir un Periodo entre revisiones de stock, transcurrido el cual, se realiza un pedido por una cierta cantidad de producto.
- ▶ La cantidad de Producto a Pedir se calcula sustrayendo de un Nivel Máximo fijado a Priori, el stock del que disponemos en el momento de la Revisión.
- ▶ El Nivel Máximo a calcular es el nivel de stock que debemos disponer debe ser suficiente para cubrir la demanda durante el Periodo de Revisión más el Plazo de Aprovisionamiento.

- El stock del que se dispone incluye el stock en tránsito.



Modelo (s,S)

- ▶ **s** es el nivel de stock que permite cubrir la demanda que ocurrirá durante un periodo de revisión y el plazo de aprovisionamiento.
- ▶ En este sentido es equivalente en cantidad al OUL de stock definido para el sistema de Aprovisionamiento Periódico.

$$s = d \cdot (PA + PR) + z\sigma \sqrt{PA + PR}$$

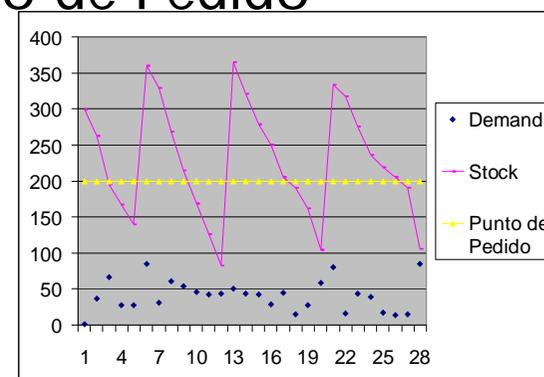
- ▶ Dado que el **s** es el nivel desde el que se pide en este sistema, y es el nivel máximo del sistema de aprovisionamiento Periódico, es evidente que este es un sistema más caro.
- ▶ **s** cumple la función del punto de pedido, pero asume que la revisión de los niveles de stock no es necesariamente continua.
- ▶ Dado que no siempre se alcanzará el nivel **s** de stock, no en todos los periodos de revisión se lanzará un pedido.

Modelo de Múltiples Puntos de Pedido

- ▶ Este modelo considera niveles de variabilidad elevados en la previsión de la demanda.
- ▶ Consiste en establecer diferentes Puntos de Pedido, por si estableciendo diferentes cantidades e incluso diferentes sistemas de aprovisionamiento, en caso de alcanzarse.
- ▶ Se puede utilizar cuando se distingue entre proveedores baratos y caros, pero con diferentes niveles de fiabilidad. Cuando se alcanza el primer punto de pedido se lanza una orden al proveedor más barato. Mientras se sigue trazando el nivel de stock en almacén si se alcanzara un segundo punto de pedido se lanzaría una nueva orden pero a través del nuevo método de aprovisionamiento.
- ▶ Estos sistemas permiten reducir los niveles de stock de seguridad, a costa de tener que comprar más caro en ocasiones.
- ▶ La definición tanto de los Puntos de Pedido como de las cantidades a pedir, exige el uso de técnicas de simulación.

Modelo (s, S)

- ▶ Se denomina Modelo (s,S) a aquel donde la nueva petición se hace cuando se rebasa el nivel fijado por s y la cantidad que se pide es S-stock.
- ▶ Se utiliza en entornos donde :
 - ▶ La demanda de unidades en cada periodo es muy variable.
 - ▶ La cantidad que se pide no puede ser (o no se quiere que sea inferior a una cierta cantidad (S-s))
- ▶ En realidad es un modelo entre el Aprovisionamiento Periódico y la Gestión por Punto de Pedido



El cálculo de los Parámetros. El cálculo de s

- ▶ s es el nivel de stock que permite cubrir la demanda que ocurrirá durante un periodo de revisión y el plazo de aprovisionamiento.
- ▶ En este sentido es equivalente en cantidad al OUL de stock definido para el sistema de Aprovisionamiento Periódico.

$$s = d \cdot (PA + PR) + z\sigma \sqrt{PA + PR}$$

- ▶ Dado que el s es el nivel desde el que se pide en este sistema, y es el nivel máximo del sistema de aprovisionamiento Periódico, es evidente que este es un sistema más caro.
- ▶ s cumple la función del punto de pedido, pero asume que la revisión de los niveles de stock no es necesariamente continua.
- ▶ Dado que no siempre se alcanzará el nivel s de stock, no en todos los periodos de revisión se lanzará un pedido.

El cálculo de los Parámetros. El cálculo de S

- ▶ S es el nivel de stock contra el que se pretende rellenar
- ▶ En este sentido es un concepto equivalente al OUL de stock definido para el sistema de Aprovisionamiento Periódico.
- ▶ El cálculo de este valor se hace en referencia al nivel de s .
- ▶ Así,
 - ▶ Si existe un tamaño de lote mínimo para el que comprar (Sea L)
 - ▶ Pero también se puede calcular atendiendo a los costes de lanzamiento, de almacenamiento y demanda

$$S = s + L$$

$$S = s + \sqrt{\frac{2 \cdot CL \cdot D}{h}}$$

Índice

- ▶ **Introducción**
- ▶ **El problema de un único periodo**
 - ▶ Objetivos y Propósito
 - ▶ La importancia de los Modelos
 - ▶ Costes en la Gestión de Stocks
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Continua**
 - ▶ Gestión por Punto de Pedido
 - ▶ Gestión por Aprovisionamiento Periódico
 - ▶ Y algunas variantes
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Discreta**
 - ▶ Por Periodos
 - ▶ Modelo de Programación Matemática
 - ▶ Modelo Wagner-Within de Grafos

El Modelo de las 2 cajas

- ▶ Consiste en depositar en almacén dos cajas, cuando se consume una se lanza el pedido para aprovisionarse de otra.
- ▶ Este modelo es equivalente al (s, S) donde:
 - ▶ s es una caja
 - ▶ S son dos cajas.
- ▶ Este modelo de gestión se utiliza en entornos donde la unidad de embalaje mínima contiene demanda para muchos periodos.
- ▶ En general el contenido de 1 caja debe permitir abastecer la demanda durante el plazo de aprovisionamiento, y el plazo de aprovisionamiento debe ser más corto que el periodo de consumo de un producto.
- ▶ El modelo es sencillo puesto que los operadores del almacén, reconocen rápidamente cuándo hacer un pedido y cuánto pedir.

El modelo de las 2 cajas

- ▶ Este modelo es equivalente, con ampliaciones, a los conocidos como sistemas Kanban.
 - ▶ Estas ampliaciones consideran generalmente más de dos cajas.
- ▶ Es un modelo simple que se utiliza muy frecuentemente en productos de bajo coste, de pequeño tamaño y de bajo movimiento.
- ▶ Si la cantidad en la caja (o en la paleta) no cubre la demanda máxima durante un Plazo de Aprovisionamiento, el sistema es más complicado de diseñar.

Modelo (S-1,S)

- ▶ Se conoce bajo el nombre de modelo (S-1,S) a los modelos de reaprovisionamiento continuo.
- ▶ Cada vez que se produce una venta se repone el almacén en la cantidad vendida.
- ▶ Se utiliza en sistemas donde no existen Costes de Lanzamiento o son proporcionales a la cantidad comprada.
- ▶ S es la demanda máxima durante el Plazo de Aprovisionamiento.
- ▶ Una aplicación correcta de este modelo, permitiría comprar cantidades superiores a las vendidas (Por ejemplo lotes mínimos de compra), pero no permitirá el lanzamiento de órdenes si no se rebasa por debajo el nivel S

Modelo de Múltiples Puntos de Pedido

- ▶ Este modelo considera niveles de variabilidad elevados en la previsión de la demanda.
- ▶ Consiste en establecer diferentes Puntos de Pedido, por si estableciendo diferentes cantidades e incluso diferentes sistemas de aprovisionamiento, en caso de alcanzarse.
- ▶ Se puede utilizar cuando se distingue entre proveedores baratos y caros, pero con diferentes niveles de fiabilidad.
 - ▶ Cuando se alcanza el primer punto de pedido se lanza una orden al proveedor más barato.
 - ▶ Mientras se sigue trazando el nivel de stock en almacén si se alcanzara un segundo punto de pedido se lanzaría una nueva orden pero a través del nuevo método de aprovisionamiento.
- ▶ Estos sistemas permiten reducir los niveles de stock de seguridad, a costa de tener que comprar más caro en ocasiones.
- ▶ La definición tanto de los Puntos de Pedido como de las cantidades a pedir, exige el uso de técnicas de simulación.

Método de Gestión (S_i , Q). Cálculo de Q

- ▶ Es posible que existan costes de lanzamiento asociados a cada producto individualmente y de todo el pedido simultáneamente.
 - ▶ En este caso el coste de lanzamiento a considerar es el que los suma todos.
- ▶ La demanda prevista se debe agregar (nada mejor que el valor monetario, pero también puede ser por SKU's)
 - ▶ Los costes de almacenamiento se pueden asociar a unidades monetarias en el primer caso (k) o a SKU's (h)
- ▶ En el cálculo de Q hay que tener en cuenta, como siempre, la capacidad del método de transporte, que será un factor limitador.
- ▶ Con el Q calculado en la etapa anterior se puede conocer el tiempo que pasa entre dos pedidos consecutivos.
- ▶ La demanda máxima para cada producto durante este periodo más el plazo de aprovisionamiento debe definir el valor de S_i .
- ▶ Dicho valor S_i debe ir suficientemente protegido con stock de seguridad puesto que el periodo para el siguiente pedido tiene una importante irregularidad.

Método de Gestión (S_i , Q)

- ▶ Se calcula un Nivel de Referencia (S_i) para cada producto, y se lanza un camión cuando la suma de los (S_i -Stock) es igual a Q .
- ▶ El valor de S_i se fija atendiendo a la demanda máxima durante el tiempo que se tardará en alcanzar otra vez Q más el Plazo de Aprovisionamiento.
- ▶ Q se fija mediante el cálculo del lote económico para todos los productos simultáneamente.

Método (Si, Q). Implicación práctica

- ▶ En estos sistemas es importante disponer de un punto de pedido de urgencia para cada producto. Dicho punto de pedido debe considerar la demanda del producto que la alcance durante el Plazo de Aprovisionamiento.
- ▶ Este sistema requiere para ser adecuado que los productos tengan costes y configuraciones similares.
- ▶ Con costes de almacenamiento diferentes por productos, los costes totales del sistema crecen considerablemente.
- ▶ Con estos sistemas es importante conocer exactamente la situación de stock de muchos productos simultáneamente, y compararlos con el nivel de stock.
- ▶ Es importante establecer un procedimiento con el que “llenar” el camión en cada ocasión, si es que el transporte es a camión lleno.
 - ▶ Un procedimiento es asignar SKU's al camión uno a uno, recalculando cada vez el ratio de cobertura y decidiendo el siguiente producto.

Costes de Compra Variables

- ▶ En la fórmula de cálculo del lote económico, tradicional no se considera el precio de compra como una variable.
- ▶ En el caso de que sí se considere, los costes totales de aprovisionamiento son:

$$CT(Q) = CL \frac{D}{Q} + h \frac{Q}{2} + D \cdot Cu$$

- ▶ Si los costes de compra son constantes, el cálculo del lote económico es equivalente al que no considera los costes de compra.
- ▶ Si no son constantes es necesario abordar el problema de cálculo de lote teniendo en cuenta dicha variabilidad.

Tipos de Descuentos

- ▶ Basados en el Volumen total de Compra
- ▶ Basados en el Lote de cada Compra
- ▶ Descuentos para todas las unidades

Si q es la cantidad pedida

$0 < q \leq Q_1$ descuento 0

$Q_1 < q \leq Q_2$ descuento r_1

$Q_2 < q \leq Q_3$ descuento r_2

.....

$Q_{n-1} < q \leq Q_n$ descuento r_n

$$CT_k = \frac{D}{q} C_L + \frac{k}{2} C_u q (1 - r_k) + D \cdot C_u \cdot (1 - r_k)$$

- ▶ Descuentos marginales

Sea q es la cantidad pedida

Para las primeras Q_1 unidades CU_1

Para las unidades entre Q_1 y Q_2 unidades CU_2

.....

Para las unidades entre Q_{k-1} y Q_k unidades CU_k

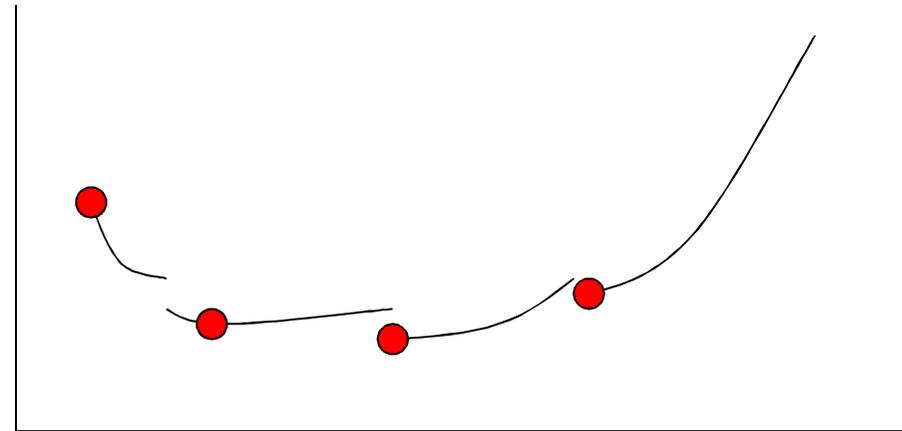
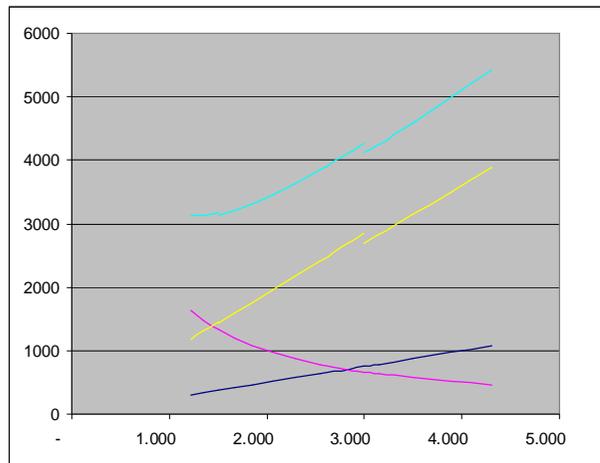
Sea $V(q)$ el precio de comprar q unidades

$$V(q) = CU_1 \cdot Q_1 + CU_2 \cdot (Q_2 - Q_1) + \dots + CU_k (q - Q_k)$$

$$CT(q) = \frac{D}{q} C_L + \frac{k}{2} V(q) + D \cdot V(q)$$

Descuentos para todas las unidades

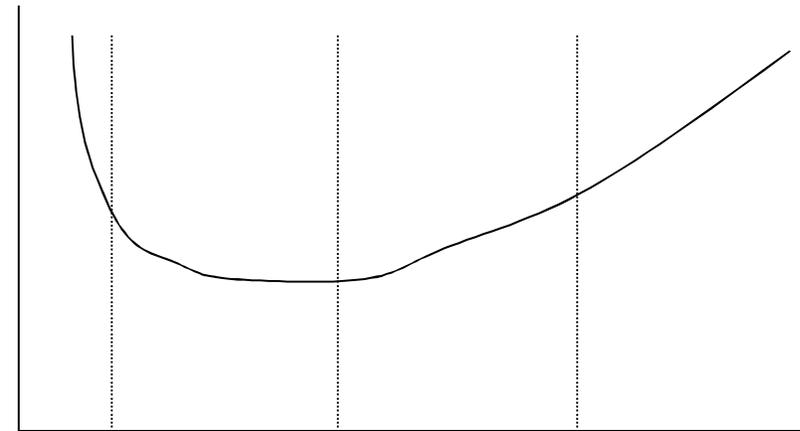
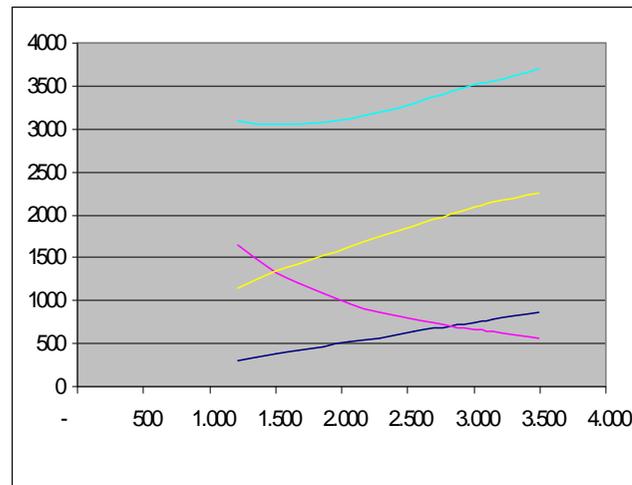
- ▶ Para calcular el tamaño de lote óptimo hay que considerar técnicas de optimización de funciones por tramos.



- ▶ Esto significa calcular para cada tramo el valor del óptimo, y si no está definido en el tramo, calcular el coste de compra para la primera unidad del tramo.
- ▶ Con este tipo de descuentos, las cantidades de compra suelen ser las que fijan los límites inferiores de los tramos.

Lote Económico con Descuentos Marginales

- ▶ Para calcular el tamaño de lote óptimo hay que considerar técnicas de optimización de funciones por tramos.



- ▶ El cálculo de lote exige calcular el óptimo en cada tramo, el coste de dicho óptimo si está definido, y el coste en los extremos.
- ▶ Con este tipo de descuentos, las cantidades de compra suelen ser muy grandes comparadas con las que se obtendrían sin ellos.
- ▶ Este tipo de descuentos genera graves irregularidades en los sistemas de aprovisionamiento.

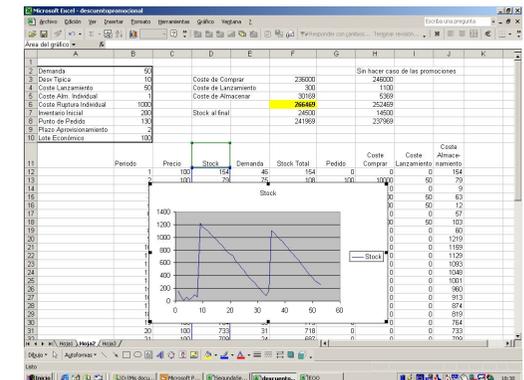
¿Por qué hacer descuentos?

- ▶ Mejoran la coordinación en la cadena de suministro
 - ▶ Para “commodities” en las que el precio lo fija el mercado, los fabricantes pueden utilizar descuentos basados en tamaño de lote para disminuir los costes del sistema pero incrementan el tamaño del lote.
 - ▶ Para productos en los que la empresa tiene poder de mercado, se pueden utilizar los descuentos basados en volumen para obligar a los distribuidores a poner atención en la venta de una cierta cantidad de producto, y con él estar fijando un determinado precio.
 - ▶ Un problema con este tipo de ofertas es que el cliente intenta “cambiar” de tramo al final del periodo de evaluación.
 - ▶ En estos mercados no se deben utilizar descuentos basados en tamaños de lote, puesto que no animan a adquirir y vender la cantidad adecuada.
- ▶ Extraen el excedente del consumidor a través de la discriminación en precios.

El efecto de las promociones en la gestión de inventarios.

- ▶ Para el minorista es óptimo no traspasar la reducción de precios al cliente final.
- ▶ También es óptimo comprar para cubrir la demanda hasta la siguiente promoción (pues los costes de almacenamiento suelen ser inferiores al decremento en los costes de compra).
- ▶ Los fabricantes, cuando lanzan una promoción, suelen estar interesados en aumentar la tasa de mercado, pero con ello suelen rellenar el sistema de distribución...

- **Las promociones tienen varios objetivos**
 - a) Inducen a los distribuidores a ofrecer descuentos o a “animar” la venta.
 - b) Trasladan el inventario desde el proveedor hasta el cliente.
 - c) Defienden a una marca de su competidor.



Variaciones sobre el Lote Económico.

Consideración de Transporte

- ▶ DOSCAM SL compra productos en paletas europeas (1,2 m x 0,8m) con 56 cajas cada una. La demanda de cajas diaria es de 90 unidades con una desviación típica de 15 unidades.
- ▶ El coste de lanzamiento depende del tipo de camión a utilizar:
 - ▶ Si es de 13'5 metros de largo CL=1000 € (33 paletas)
 - ▶ Si es de 9,5 metros de largo CL=700 € (23 paletas)
- ▶ Cada caja tiene un coste unitario de 25 €/unidad. Debido a que el producto debe mantenerse refrigerado los costes de almacenamiento se evalúan en un 35% anual. Los productos tienen una caducidad desde que salen de fábrica de 30 días.
- ▶ Se requiere un nivel de SC del 99,99%. El producto tiene un plazo de aprovisionamiento de 3 días laborables.
- ▶ La semana tiene 6 días hábiles. El año 52 semanas.

| | Sistema A | Sistema B |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|
| Coste Lanzamiento | 1000 | 700 |
| Coste Almacenamiento | 8,75 | 8,75 |
| Coste Unitario | 25 | 25 |
| k | 0,35 | 0,35 |
| Z | 4 | 4 |
| Demanda Diaria | 90 | 90 |
| Desv Demanda | 15 | 15 |
| Horizonte | 312 | 312 |
| Plazo de Aprovisionamiento | 3 | 3 |
| Capacidad Camion | 1848 | 1288 |
| Punto de Pedido | 373,923946 | 373,923946 |
| Lote Económico | 2533,43398 | 2119,62261 |
| Lote de Compra | 1848 | 1288 |
| Costes Totales | 24189,1319 | 21805,1962 |
| Costes de Almacenamiento | 15194,8052 | 15260,8696 |
| Costes de Lanzamiento | 8994,3267 | 6544,3267 |

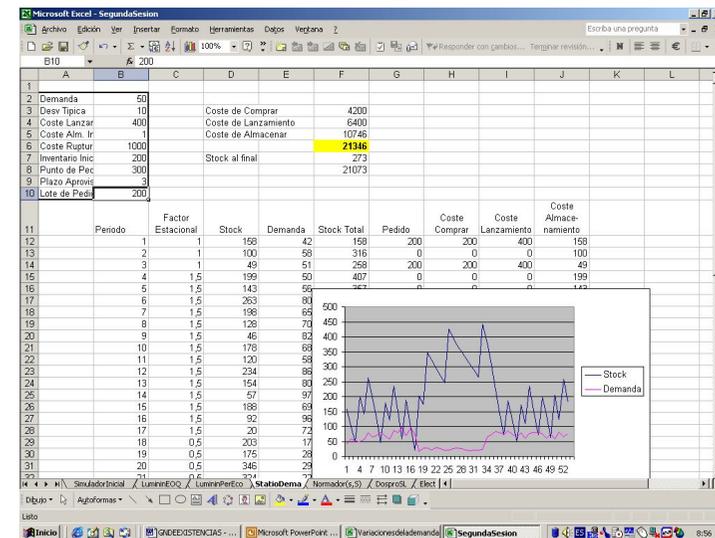
Variaciones sobre el Lote Económico. Demanda Variable

- ▶ StatioDema SL es una empresa que para uno de sus productos tiene una demanda anual promedio de 2600 unidades, pero con una estacionalidad que hace que algunos meses la demanda sea del 150% y otros meses del 50% respecto a la demanda promedio. El coste de lanzamiento es de 400 € y el coste de almacenamiento es de 52 €/año

¿Cuál es el coste de considerar una política constante a lo largo del año?

¿Cree que compensa establecer políticas variables?

¿Cómo cree que se debiera actualizar dicha política?



El cálculo de lotes económicos y periodos de revisión sin costes.

- ▶ Dado que se considera que no existen costes de lanzamiento o de almacenamiento específicos, se puede admitir que todos los costes son iguales para todos los productos.
- ▶ En ese caso el único elemento que diferenciará un producto de otro es la demanda.
- ▶ Así pues los productos con mayor demanda tendrán un periodo de revisión menor, o un lote mayor, creciendo con la raíz cuadrada de la demanda.
- ▶ Un procedimiento que estableciera los tamaños de lote, o los periodos de revisión en estas condiciones sería un procedimiento heurístico que fuera aumentando un coste de lanzamiento ficticio unidad a unidad, hasta que la capacidad de realizar lanzamientos fuera ocupada totalmente.
- ▶ La misma acción debiera ser tomada en el caso de que los costes de lanzamiento fueran desconocidos, para el coste de lanzamiento.
- ▶ En cualquier caso se está calculando el coste marginal de lanzamiento, atendiendo al resultado que reflejan...

¿No hay costes de lanzamiento?

- ▶ Sin costes de lanzamiento el tamaño de lote debiera ser siempre el mínimo posible (lo que llevaría a stock 0)
 - ▶ Salvo en el caso de que haya descuentos y/o promociones ofertas por parte de los proveedores.
- ▶ En general, se puede decir que no habiendo costes de lanzamiento, no es posible lanzar un pedido cada vez que hay una venta.
 - ▶ Esta imposibilidad puede ir ligada a limitaciones en nuestro sistema de recepción de pedidos, o incluso a limitaciones en nuestro sistema de información.
- ▶ En el caso de haber una limitación al número de lanzamientos, existe un coste que no es necesario saber calcular a priori, aunque exista.

¿No hay costes de almacenamiento?

- ▶ Si no hubiera costes de almacenamiento, de todos los productos se tendría una disponibilidad infinita, para garantizar la no-ruptura de stock pase lo que pase.
- ▶ En general podemos encontrar limitaciones al almacenamiento del tipo:
 - ▶ Obsolescencia o caducidad.
 - ▶ Limitaciones Financieras
 - ▶ Limitaciones Físicas
- ▶ Estas limitaciones pueden ir vinculadas a todos los productos conjuntamente, a familias de los mismos o a productos individuales.

Índice

- ▶ **Introducción**
- ▶ **El problema de un único periodo**
 - ▶ Objetivos y Propósito
 - ▶ La importancia de los Modelos
 - ▶ Costes en la Gestión de Stocks
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Continua**
 - ▶ Gestión por Punto de Pedido
 - ▶ Gestión por Aprovisionamiento Periódico
 - ▶ Y algunas variantes
- ▶ **Modelos Básicos en Demanda Discreta**
 - ▶ Por Periodos
 - ▶ Modelo de Programación Matemática
 - ▶ Modelo Wagner-Within de Grafos

Demanda Discreta. Optimización.

- ▶ Método de Punto de Pedido o (s,S)
- ▶ Un Modelo de Programación Matemática
- ▶ El Modelo de Wagner Within

Metodo de punto de pedido por periodos

- ▶ Consistiría en definir el punto por debajo del cual se debe lanzar una orden de producción que llegaría al transcurrir el plazo de aprovisionamiento

- ▶ Este modelo de gestión permite enviar a los proveedores un anticipo del programa, que posteriormente se confirmara mediante un pedido

Un modelo matematico

- ▶ Se podría crear un modelo matemático cuya optimización generaría el plan mas barato
- ▶ La demanda durante el periodo t es conocida y vale $d(t)$
- ▶ El coste de compra de cada unidad es C_u
- ▶ Cada vez que se lanza una orden se incurre en un coste de lanzamiento C_l
- ▶ El coste de mantenimiento de inventario es $h > 0$ por unidad y por periodo
- ▶ El inventario inicial es nulo
- ▶ Tanto la entrega de las ordenes como la demanda ocurren al principio del periodo
- ▶ El coste del inventario se carga al final del periodo
- ▶ El objetivo perseguido es nuevamente minimizar el coste final, sin permitir retrasos en le entrega de la demanda

Un modelo matematico

$$\text{Minimizar } \sum_{t=1}^T [C_l * \delta(y_t) + h * I_t]$$

Sujeto a:

$$I_t = I_{t-1} + y_t - d_t$$

$$I_0 = 0$$

$$I_t, y_t \geq 0$$

$\delta(y_t)$ vale 1 si $y_t > 0$ y 0 en caso contrario ($y_t = 0$)

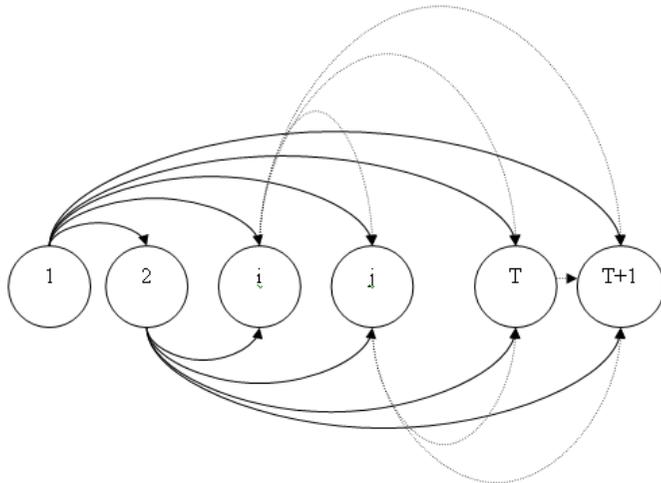
Donde y_t es la cantidad pedida en t

$\delta(y_t)$ vale 1 si se ha lanzado orden ($y_t > 0$) y 0 en caso contrario ($y_t = 0$)

I_t es el inventario en el instante t $I_t = I_{t-1} + y_t - d_t$

El modelo Wagner Within

- ▶ La mejor política es aquella en que $It * y_{t-1} = 0$. Es decir únicamente se pide cuando el stock quede a 0, y que la cantidad pedida debe permitir esa circunstancia
- ▶ Dado un grafo orientado, formado por $T+1$ nodos. Cada arco representa qué se pide en el periodo i hasta el periodo $j-1$ y que la cantidad pedida es:
- ▶ El coste asociado al arco ij es:



$$y_i = \sum_{k=i}^{j-1} d_k$$

$$l_{i,j} = Cl + h * \sum_{k=i}^{j-1} d_k$$

Ampliaciones del modelo Wagner Within

- ▶ Si el inventario inicial es mayor que cero se puede reducir la demanda de los periodos iniciales para dejarlo en inventario nulo
- ▶ Si los costes de adquisición dependen del instante de compra o de la cantidad comprada, el calculo de la longitud del tramo puede también fácilmente ser realizado $Cut(yt)$
- ▶ Se puede considerar fácilmente si los costes de almacén dependen del periodo en que se almacena ht
- ▶ Los costes de lanzamiento también pueden depender del periodo CLt .
- ▶ Con las ampliaciones anteriores el calculo de la longitud de cada arco ij queda:

$$l_{i,j} = Cl_i + \sum_{k=i}^{j-1} \sum_{\tau=k}^{j-1} h_{\tau} * d_k + Cu_i * \sum_{k=i}^{j-1} d_k$$

Consideración de restricciones de capacidad

- ▶ Supongamos que la cantidad ordenada tiene un límite ($y_t \leq Q_t$).
- ▶ Se considera que la demanda es siempre inferior a dicho límite

Es decir, si el inventario no es nulo, o no se pide hasta completar la capacidad

- ▶ La política óptima se da cuando:

$$I_t * (C_t - y_t) * y_t = 0$$

- ▶ La última cantidad que se pida sea tal que sirva para servir exactamente la demanda prevista, o en su caso para cubrir el límite de la capacidad

$$y_t = \min \left\{ Q_t, \sum_{j=t}^T d_j \right\} \quad t = \max \{ j / y_j > 0 \}$$