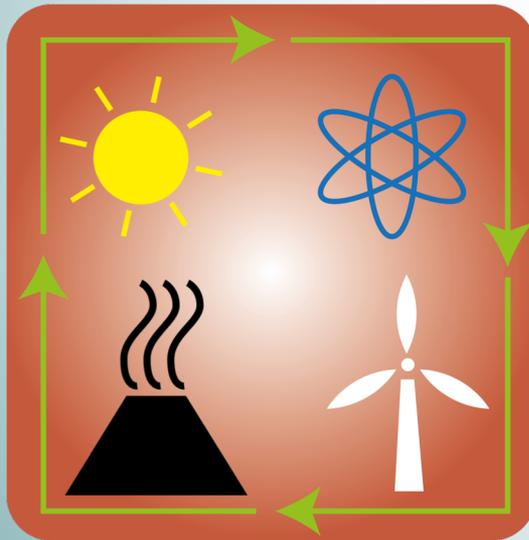


# Dirección y Gestión de la Producción Minera/Energética

## 9. Sistema de Gestión de Inventarios (I): Demanda Independiente



**Noemí Barral Ramón**  
**Raúl Husillos Rodríguez**

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES Y TECNOLOGÍA DE  
PROYECTOS Y PROCESOS

Este material se ofrece bajo licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



### 9.1.- Los Inventarios: Concepto

- Inventario: recursos ociosos almacenados, en espera de ser utilizados, que poseen un valor económico.
- Otra definición: provisión de materiales y subcomponentes que tiene por objeto facilitar la producción o satisfacer la demanda de los clientes. Por lo general incluyen materia prima, productos en proceso y artículos terminados.
- El problema que surge es determinar el nivel de inventario adecuado.
- Por ello las decisiones que se deben de tomar son:
  1. ¿Qué artículos?
  2. ¿Por qué?
  3. ¿Qué sistema de control?
  4. ¿Cuánto pedir?
  5. ¿Cuándo pedir?

### 9.1.- Los Inventarios: Concepto

- Los inventarios se pueden clasificar:
  - ✓ **Según su forma:**
    - Materias primas.
    - Productos en curso.
    - Productos terminados.
  - ✓ **Según su demanda:**
    - Independiente (productos terminados): no se relaciona con la demanda de otros artículos producidos en la empresa. Ejemplo: Coches. Cálculo: Pronóstico.
    - Dependientes (componentes): puede deducirse su demanda por otros artículos producidos por la empresa. Ejemplo: neumáticos. Cálculo: MRP.

### 9.1.- Los Inventarios: Concepto

- Las causas de la existencia de los inventarios son:
  - ✓ **Razones voluntarias:**
    - Satisfacer variaciones de la demanda.
    - Protegerse de roturas de inventario de los proveedores.
    - Reducción de costes de producción: flexibilidad en los programas de producción.
    - Obtener descuentos por cantidades.
    - Inventarios de naturaleza cíclica: creados para satisfacer la demanda normal entre dos períodos de abastecimiento.
    - Inventarios estacionales para poder abastecer la demanda en períodos de baja producción o incluso nula.
    - Motivos especulativos, protección de la inflación y cambios de precio.
    - Eliminar incertidumbres.
  - ✓ **Razones no voluntarias:**
    - Causas forzosas: transportar materiales entre talleres o existencia de productos en curso por razones tecnológicas.
    - Mala gestión.

### 9.1.- Los Inventarios: Concepto

- ✓ **Sistemas de control y su exactitud:**
  - Se utilizan tres tipos de sistemas de control:
    - **Inventario anual:** registro una vez al año.
    - **Revisión periódica o Cíclica:** cada determinados períodos (inferiores al año).
      - Conocimiento parcial.
      - Utiliza el ABC:
        - A: Revisión frecuente (un mes).
        - B: Revisión menos frecuente (trimestre).
        - C: Revisión poco frecuente (Semestre)
    - **Revisión continua:** cada transacción.
      - Conocimiento de existencia en todo momento.
      - Uso de la tecnología.

### 9.1.- Los Inventarios: Concepto

#### ✓ **Sistemas de control:**

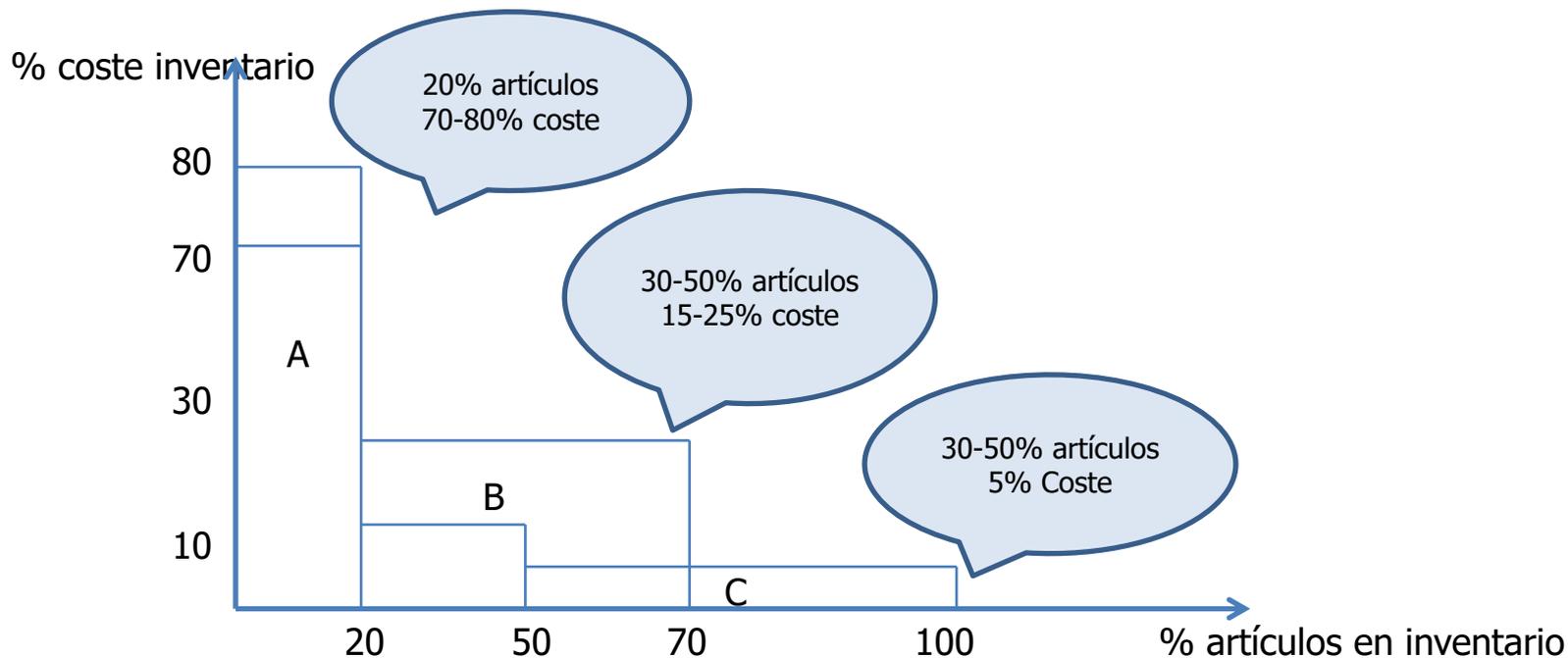
##### ▪ **Análisis ABC:**

- Es una ordenación de los items en función de su importancia.
- Se emplea el gasto o valor anual de los artículos, es decir, la utilización anual de los items medida en unidades monetarias.
- Para calcularla se multiplica el valor unitario del artículo en cuestión por una previsión de su utilización para el año próximo (valor anual), después los items se ordenan en un lista de mayor a menor valor anual y se enumeran del 1 a N, siendo N el número de artículos diferentes.
- A continuación se calcula el porcentaje de dichos valores anuales.
- Se clasifican en:
  1. **A:** escaso número de ítems al principio de la lista (20%) y elevado porcentaje acumulado del valor anual (70-80 %) bien sea debido a un alto valor individual o un elevado consumo anual.
  2. **B:** número intermedio de productos (30-50%) con porcentaje de valor intermedio (15-25%).
  3. **C:** número intermedio de artículos (30-50%) con reducido porcentaje del valor acumulado (5%).

9.1.- Los Inventarios: Concepto

✓ **Sistemas de control:**

▪ **Análisis ABC:**



### 9.1.- Los Inventarios: Concepto

#### ✓ Factores condicionantes:

##### ▪ Costes:

- Costes de emisión, lanzamiento, preparación.
- Costes de adquisición.
- Costes de posesión, almacenamiento, mantenimiento.
- Costes de ruptura, rotura.

##### ▪ Plazos:

- Tiempo de ciclo perdido (lo que aguanta un pedido en el almacén).
- Tiempo de entrega, reaprovisionamiento, suministro.

##### ▪ Demanda:

- Monoperiódica, multiperiódica.
- Conocida, desconocida (probabilidades).
- Tasa constante, tasa variable.

### 9.1.- Los Inventarios: Concepto

#### ✓ Factores condicionantes:

##### ▪ Costes:

#### 1. Costes de emisión, lanzamiento, preparación.

- Fijos: personal administrativo, almaceneros...
- Variables: viajes para negociar, teléfono, elaboración de contratos...

*Cálculo:* suma de todos los costes anteriores por cada pedido.

#### 2. Coste de posesión, almacenamiento, mantenimiento.

- Coste de oportunidad: dinero inmovilizado no destinado a otros fines (interés medio de beneficios que la empresa puede conseguir con su actividad más lucrativa).
- Costes de tenencia: alquiler de naves, luz, calefacción, seguros, robos, costes de operación...

*Cálculo:* coste unitario anual de posesión

### 9.1.- Los Inventarios: Concepto

#### ✓ Factores condicionantes:

##### ▪ Costes:

#### 3. Costes de ruptura, rotura.

- Costes por lo no vendido.
- Costes de insatisfacción del cliente, pérdida de imagen.
- Costes de carencia: cuando se aplaza el suministro hasta que se dispongan de existencias, compensándolo mediante un descuento.

*Cálculo:* coste unitario de rotura (carencia).  $C = (\% \text{ descuento}) * P$  (precio de adquisición)

#### 4. Coste de adquisición.

- No es un coste del inventario como tal, pero es necesario para el caso del cálculo del modelo de descuentos por cantidades.
- En ocasiones se suele considerar aquí incluido el coste del transporte.

*Cálculo:* multiplicando unidades del lote por precio unitario.

## 9.2.- Modelos de Demanda Independiente

- Existen dos tipos de modelos:

**1. Modelos deterministas:** conocida la demanda y el tiempo de suministro (certeza).

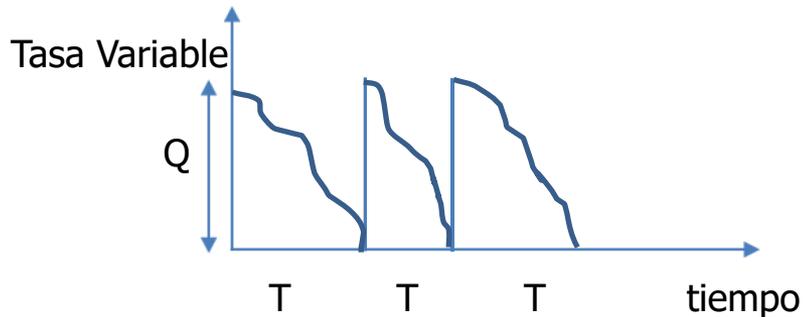
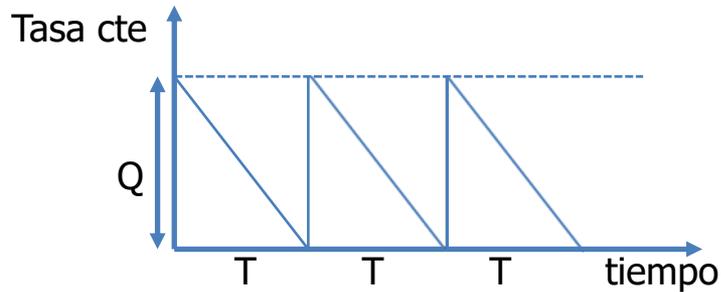
**2. Modelos probabilistas:** desconocida la demanda y/o el tiempo de suministro (probabilidad).

- Se debe considerar:
- Sistemas de **revisión continua** (en modelos de cantidad fija  $Q$ ): lote óptimo a emitir  $(r, Q)$ .
- Sistemas de **revisión periódica** (en modelos de periodo fijo  $R$ ): tiempo óptimo entre pedidos  $(R, S)$ .

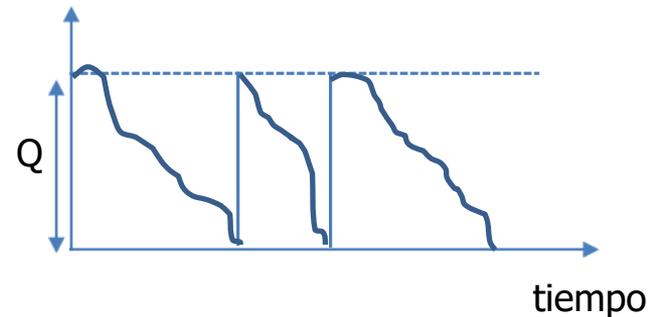
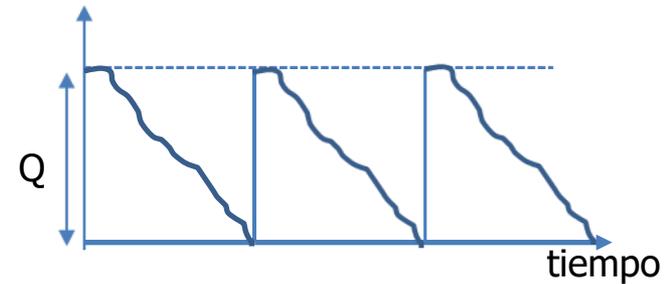
### 9.2.- Modelos de Demanda Independiente

- Revisión continua:**

#### DETERMINISTAS



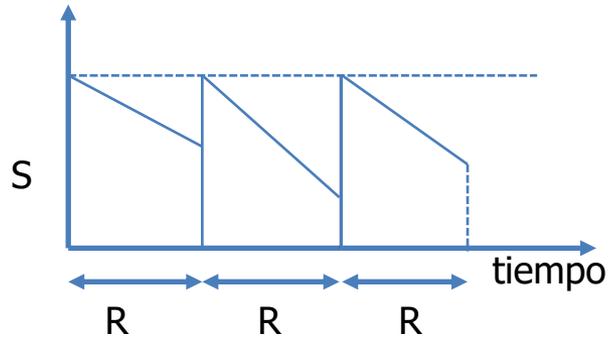
#### PROBABILISTAS



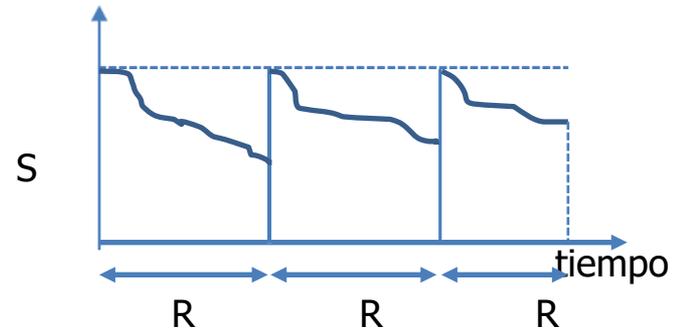
### 9.2.- Modelos de Demanda Independiente

- **Revisión periódica:**

DETERMINISTAS



PROBABILISTAS



### 9.3.- Modelos Deterministas

#### ✓ Modelos deterministas: Revisión Continua ( $r, Q$ ) o Sistema ( $Q$ ):

- **Tipos:**

1. Modelo Básico de la cantidad Económica de Pedido (EOQ).
2. Modelo de Cantidad de Pedido de Producción.
3. Modelo de Descuento por Cantidad.
4. Modelo con Retropedidos.

- **Características comunes:**

- Siempre se pedirá una misma cantidad  $Q^*$
- La emisión se realizará cuando el almacén alcance un determinado nivel de inventarios, conocido como punto de pedido o de reorden, ROP o  $r$ .

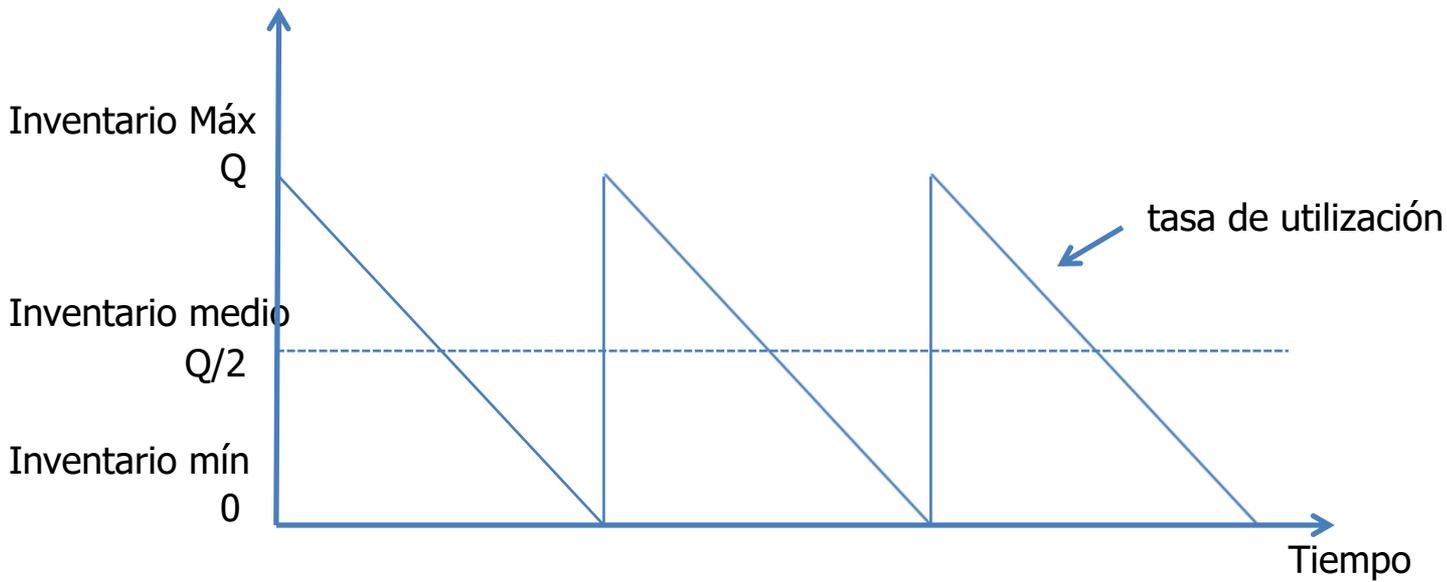
### 9.3.- Modelos Deterministas

- ✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua ( $r, Q$ ) o Sistema ( $Q$ ):**
  - **Economic Order Quantity (EOQ):**
    - **Hipótesis:**
      - La demanda es conocida y la tasa constante.
      - El tiempo de entrega es conocido y constante.
      - La recepción del pedido es instantánea (todo llega a la vez).
      - Los descuentos por cantidad no son posibles.
      - No se acepta rotura de stock, puesto que estamos en un ambiente de certeza.
      - Tamaño del lote restringido.
      - Los únicos costes variables son los de emisión (lanzamiento) y posesión (almacenamiento).

### 9.3.- Modelos Deterministas

- ✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua ( $r, Q$ ) o Sistema ( $Q$ ):**
  - **Economic Order Quantity (EOQ):**

Nivel de inventario



### 9.3.- Modelos Deterministas

✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua (r,Q) o Sistema (Q):**

▪ **Economic Order Quantity (EOQ):**

• Variables:

- D: demanda anual en unidades para el producto del inventario.
- P: precio por unidad.
- Q: número de unidades por pedido.
- S: coste de emisión, preparación o lanzamiento para cada pedido (unitario).
- H: coste de posesión o almacenamiento por unidad de año.
- Q\*: número óptimo de piezas por pedido (EOQ).

• **Coste anual de adquisición** =  $D * P$  → demanda anual por precio/unidad.

• **Coste anual de lanzamiento** =  $(D/Q) * S$  → nº pedidos emitidos/año \* coste de lanzamiento/pedido.

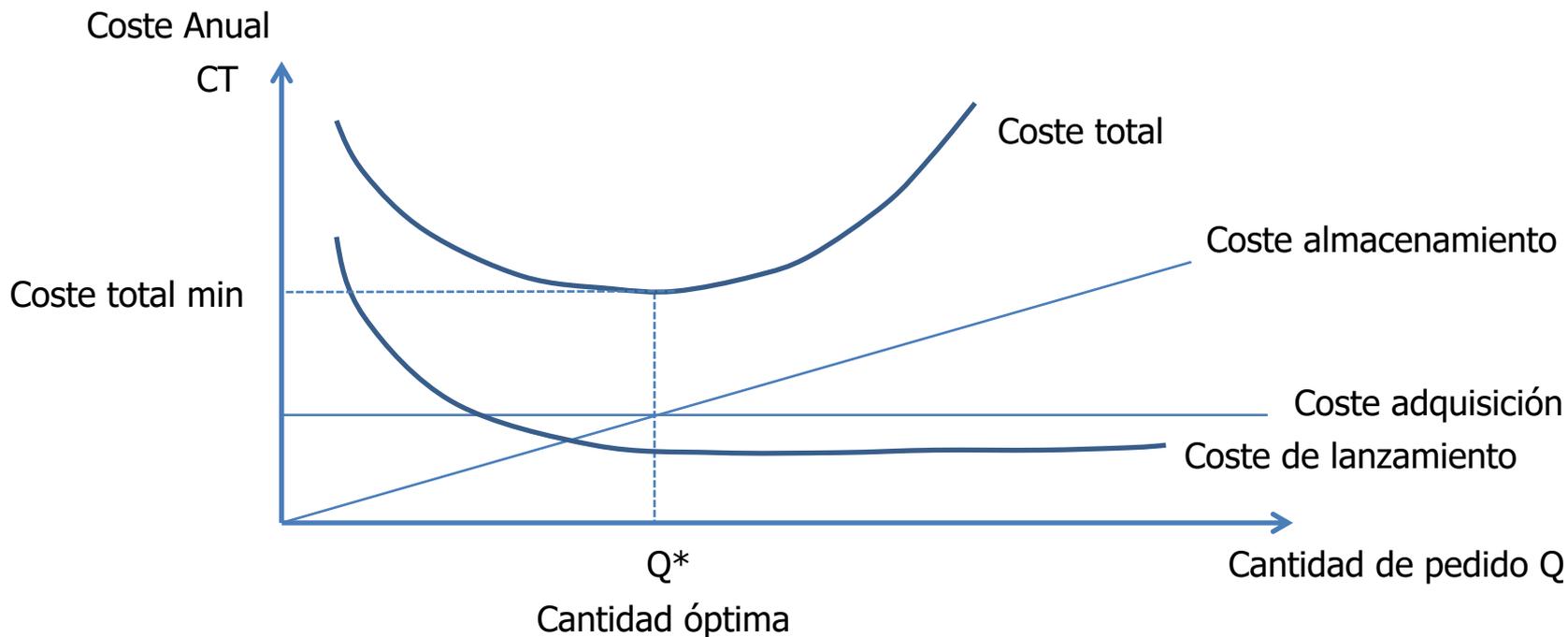
• **Coste anual de posesión** =  $(Q/2) * H$  → nivel medio de inventario \* coste de posesión/ud/año.

### 9.3.- Modelos Deterministas

✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua ( $r, Q$ ) o Sistema ( $Q$ ):**

▪ **Economic Order Quantity (EOQ):**

- **Objetivo EOQ:** Minimizar el coste total de inventario.



### 9.3.- Modelos Deterministas

✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua (r,Q) o Sistema (Q):**

▪ **Economic Order Quantity (EOQ):**

- **Coste total: costes adquisición + costes lanzamiento + costes posesión**

$$CT = CA + CL + CP = DP + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

- **Cantidad óptima de pedido:**

$$CT'(Q) = -\frac{DS}{Q^2} + \frac{H}{2} = 0 \quad \rightarrow \quad \frac{DS}{Q^2} = \frac{H}{2} \quad \rightarrow \quad Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

- **Número esperado de pedidos:**

$$N = \frac{\text{Demanda}}{\text{Cantidad óptima}} = \frac{D}{Q^*}$$

- **Tiempo esperado entre los pedidos:**

$$T = \frac{\text{Cantidad óptima}}{\text{Demanda diaria}} = \frac{Q^*}{\frac{D}{n^{\circ} \text{ días laborables}}}$$



### 9.3.- Modelos Deterministas

✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua (r,Q) o Sistema (Q):**

▪ **Economic Order Quantity (EOQ):**

• **Punto de pedido (ROP, r):**

• **Casos particulares de r:**

- **L=0** (el suministro es inmediato; se lanzará el pedido en el momento de agotarse el inventario).

$$r=0$$

- **0 < L < T** (no hay pedidos pendientes de recibir; el lanzamiento se realizará L días antes del agotamiento, es decir, cuando haya existencias para L días). **r = d\*L**

- **L > T** (antes de recibir el pedido que se acaba de lanzar llegarán otros pedidos que habían sido lanzados anteriormente). **r = d\*L** (la r incluye tanto las unidades en almacén como las pendientes por recibir).

### 9.3.- Modelos Deterministas

- ✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua (r,Q) o Sistema (Q):**
  - **Economic Production Quantity (EPQ): Cantidad de producción o llegada continua de artículos**
- **Hipótesis:**
  - Las mismas que el modelo EOQ excepto que la recepción del pedido se realiza a lo largo del tiempo.
- **Variables:**
  - D: demanda anual en unidades para el producto del inventario.
  - Q: número de piezas por pedido.
  - S: coste de emisión, preparación o lanzamiento para cada pedido.
  - H: coste de posesión o almacenamiento por unidad de año.
  - p: tasa de producción diaria. P: tasa de producción anual.
  - d: tasa de demanda diaria o tasa de utilización.
  - t: duración de la tanda de producción (Q/P). } Por número de días laborables
  - T: duración de la tanda de demanda (Q/D). }
  - $Q^*p$ : número óptimo de piezas por pedido (EPQ)

### 9.3.- Modelos Deterministas

✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua (r,Q) o Sistema (Q):**

- **Economic Production Quantity (EPQ): Cantidad de producción o llegada continua de artículos**

- **Tiempo de producción:**

$$t = Q / P \text{ (en años)}$$

- **Tiempo de demanda:**

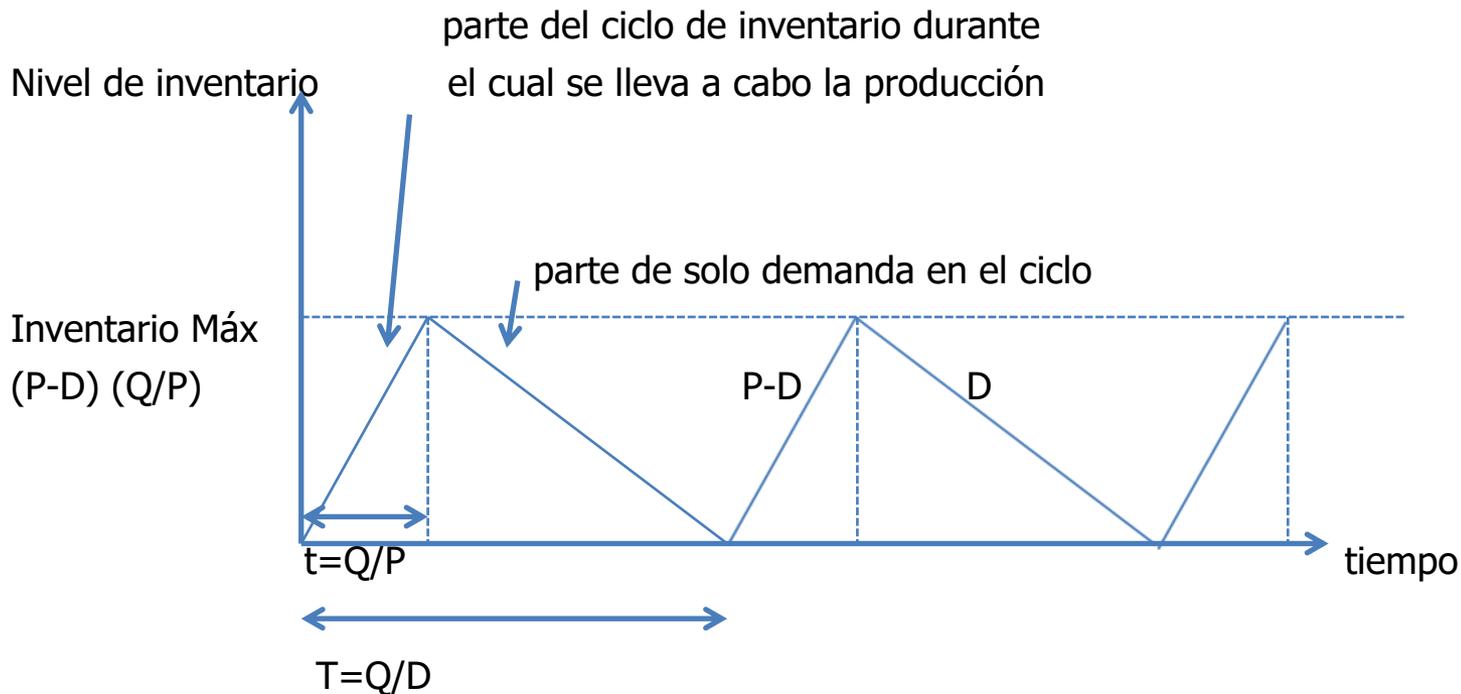
$$T = Q/D \text{ (en años)}$$

- **Nivel máximo de inventario:**

$$\begin{aligned} \text{Total producido durante la tanda de producción} - \text{total utilizado durante la tanda de producción} &= \\ &= P t - D t = (P - D) t = (P - D) (Q/P) \end{aligned}$$

9.3.- Modelos Deterministas

- ✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua ( $r, Q$ ) o Sistema ( $Q$ ):**
  - **Economic Production Quantity (EPQ): Cantidad de producción o llegada continua de artículos**



### 9.3.- Modelos Deterministas

✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua (r,Q) o Sistema (Q):**

- **Economic Production Quantity (EPQ): Cantidad de producción o llegada continua de artículos**

- **Nivel medio de inventario:**

$$(\text{Nivel máximo} + \text{nivel mínimo}) / 2$$

- **Coste anual de lanzamiento y anual de posesión:**

$$CP = H \left[ (P - D) \frac{t}{2} \right] = H \left[ (P - D) \frac{Q}{P} / 2 \right] = H \left( 1 - \frac{D}{P} \right) \frac{Q}{2}$$

$$CL = S \frac{D}{Q}$$

- **Cantidad óptima de pedido:**

$$CT'(Q) = H \left( 1 - \frac{D}{P} \right) \frac{1}{2} - \frac{DS}{Q^2} = 0 \rightarrow H = \left( 1 - \frac{D}{P} \right) \frac{1}{2} = \frac{DS}{Q^2} \rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H \left( 1 - \frac{D}{P} \right)}}$$

### 9.3.- Modelos Deterministas

- ✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua (r,Q) o Sistema (Q):**
  - **Descuento por cantidad:**
    - **Hipótesis:**
      - Las mismas que el modelo EOQ excepto que se aceptan descuentos por cantidades.
    - Se reduce el precio al aumentar la cantidad.
    - El problema surge al enfrentar los coste de adquisición con los de almacenamiento.
    - Cuando el proveedor nos ofrece:
      - Entre 0 y Q1 uds → p1.
      - Entre Q2 y Q3 unidades → p2.
      - Mayor o igual de Q4 uds → p3.
      - Siendo  $p3 < p2 < p1$ .

9.3.- Modelos Deterministas

✓ Modelos deterministas: Revisión Continua (r,Q) o Sistema (Q):

▪ Descuento por cantidad:

• Procedimiento:

1. Determinar EOQ para el menor precio (p3).



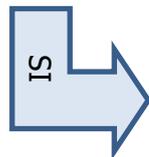
¿Está en el intervalo? SÍ → OK → Lote óptimo: Q\* a p3.

2. EOQ para el siguiente precio menor (p2).



¿Está en el intervalo? SÍ → Comparar costes totales: Q\* a p2  
Q4 a p3

3. EOQ para el siguiente precio menor (p1).



¿Está en el intervalo? Comparar costes totales: Q\* a p1  
Q2 a p2  
Q3 a p3

$$CT = CL + CP + CA$$

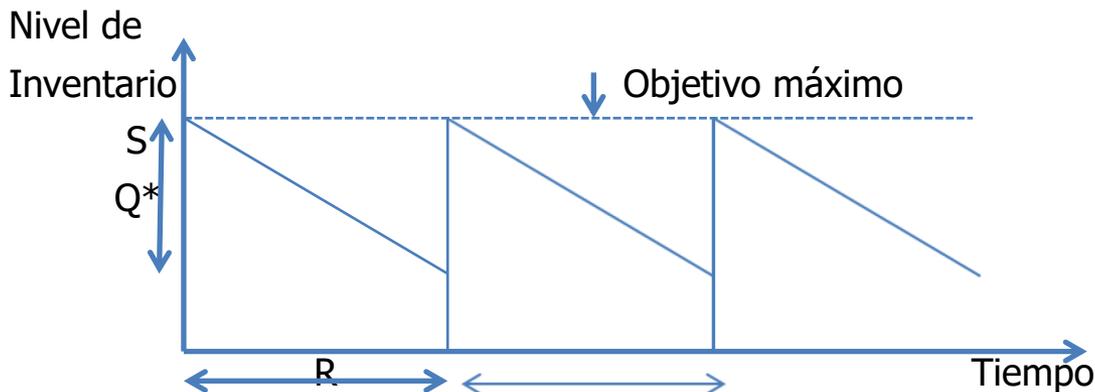
### 9.3.- Modelos Deterministas

- ✓ **Modelos deterministas: Revisión Continua (r,Q) o Sistema (Q):**
  - **Retropedidos:**
- **Hipótesis:**
  - Las mismas que el modelo EOQ excepto que se aceptan roturas del stock.

### 9.3.- Modelos Deterministas

#### ✓ Modelos deterministas: Revisión Periódica (R,S) o Sistema (P):

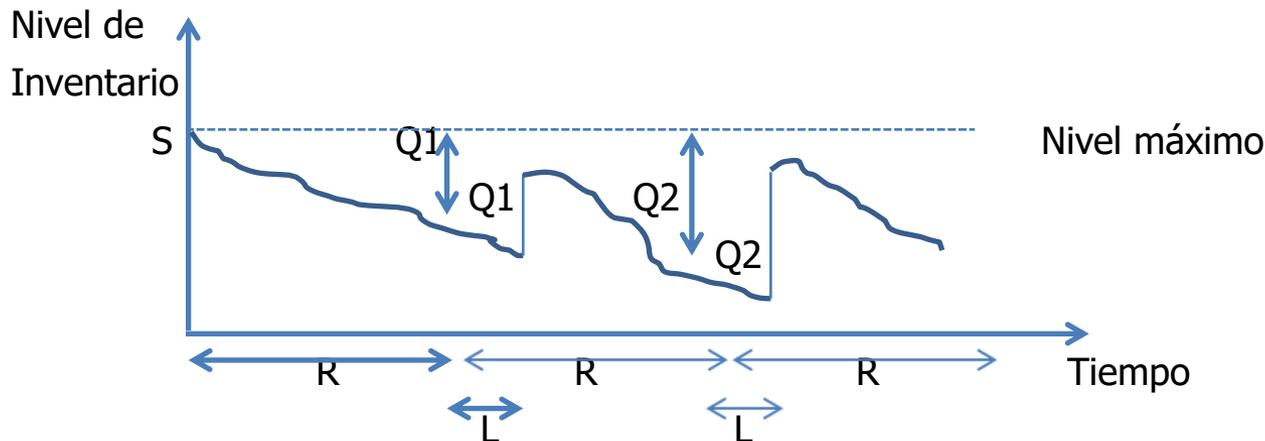
- El inventario, en la cantidad que haga falta, se pide al final de un periodo dado, y es entonces cuando se cuenta el inventario disponible.
- **Objetivo:** calcular EOI (Economic Order Interval).
- **Caso A:** Si la demanda es constante.
  - $R^*$  en (R,S) =  $T^*$  en (r,Q).
  - $Q^*$  en (R,S) =  $Q^*$  en (r,Q).



### 9.3.- Modelos Deterministas

#### ✓ Modelos deterministas: Revisión Periódica (R,S) o Sistema (P):

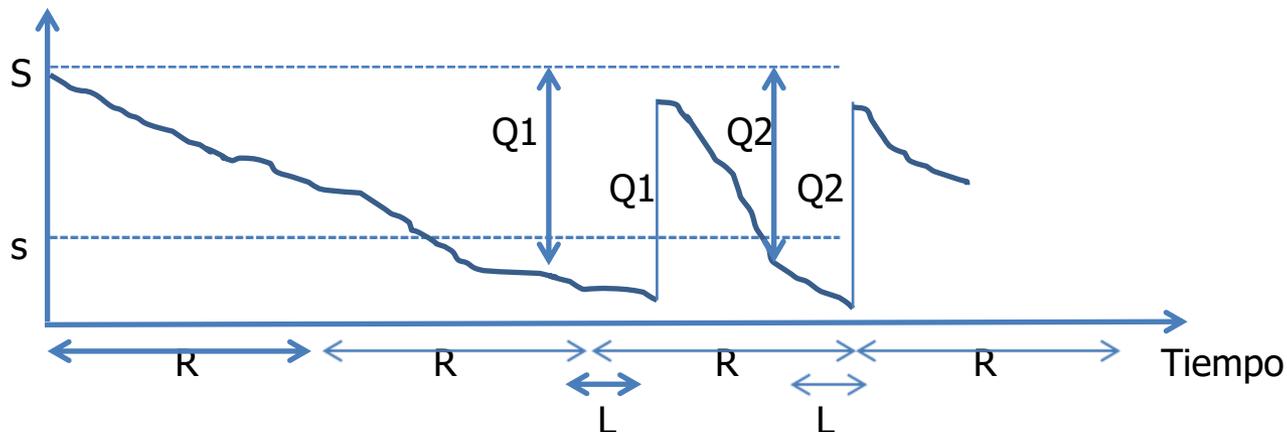
- **Caso B:** Si la tasa es variable y el reaprovisionamiento no es instantáneo, el inventario puede no llegar al nivel máximo  $S$ , ya que durante el período de reaprovisionamiento puede existir demanda.
- **Riesgos:**
  - La demanda es mayor que el stock durante el período  $L$ .
  - Lanzamiento frecuente de pequeños pedidos.



### 9.3.- Modelos Deterministas

#### ✓ Modelos deterministas: Posibilidades Mixtas ( $s, S$ )

- Variable el tamaño del lote y el período entre pedidos: periódicamente se revisan los niveles de inventarios y si éstos están por debajo del nivel  $s$ , se lanza un pedido por la diferencia entre  $S$  y la cantidad existente.
- **Riesgos:**
  - La demanda es mayor que el stock durante el período  $L$ .
  - Lanzamiento frecuente de pequeños pedidos (solucionado).



### 9.3.- Modelos Deterministas

#### ✓ Modelos deterministas con tasa de demanda variable

- La demanda puede sufrir variación (estacionalidades, períodos semanales o diarios con diferente tasa de demanda).
- **Problemas:**
  - Establecer EOQ.
  - Cuál será el horizonte a considerar.

### 9.4.- Modelos Probabilistas

- La demanda y/o el tiempo de suministro son conocidos en términos de probabilidad.
- **Problema:** cuando se produce una ruptura de inventario.
- **Solución:** crear stock de seguridad (SS).
- **Nuevo problema:** calcular el stock de seguridad (SS).
- **Solución:** definir el nivel de servicio.

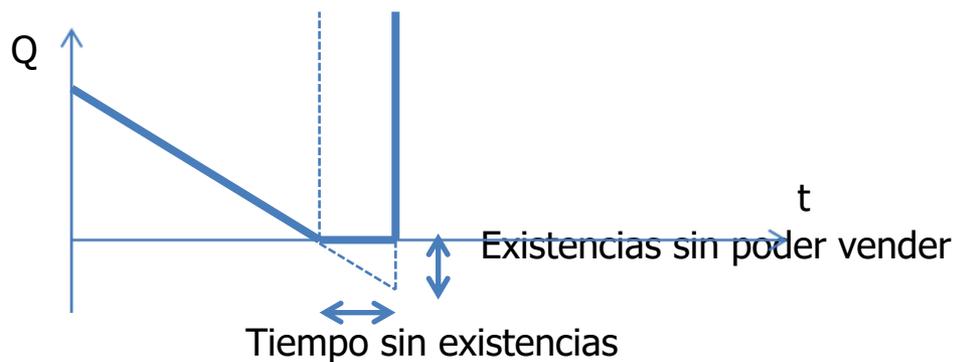
### 9.4.- Modelos Probabilistas

✓ **Causas de ruptura del stock:**

**1. Cambios en la demanda:**



**2. Culpa del proveedor:**



#### 9.4.- Modelos Probabilistas

##### ✓ El modelo $(r, Q)$ en entornos probabilistas:

- **Nivel de servicio ( $\alpha$ ):**
- $\alpha$  representa la probabilidad de que se satisfaga en un ciclo toda la demanda.
- $1 - \alpha$  indica la probabilidad de que la demanda sea superior a lo previsto (en cualquier cantidad).
- **Ejemplo:** Si la probabilidad de que se produzca una rotura de stock es de 0,05, entonces, el nivel de servicio es del 0,95, es decir, se cubre el 95% de la demanda de ese artículo durante el período de reaprovisionamiento.
- El tamaño del Stock de Seguridad (SS) depende del nivel de servicio que se desee: a mayor  $\alpha$ :
  - Mayor tamaño del SS.
  - Menor probabilidad de rotura.
  - Mayor capital inmovilizado.

### 9.4.- Modelos Probabilistas

#### ✓ El modelo (r,Q) en entornos probabilistas:

- Conocido:
  - Tiempo de suministro fijo (L).
  - Demanda media ( $d_L$ ) en el período de suministro.
  - Desviación típica de la demanda ( $s_L$ ) en ese período.
  - Que la demanda siga una distribución normal  $N(d_L, s_L)$ .
  
- Se puede calcular la probabilidad de que en uno cualquiera de los  $N = D/Q$  ciclos anuales de pedido, durante el período L, la demanda sea menor o igual a una cantidad determinada.

$$Z_\alpha = (d_\alpha - d_L) / s_L$$

### 9.4.- Modelos Probabilistas

#### ✓ El modelo (r,Q) en entornos probabilistas:

- Otros posibles cálculos:
- 1. Stock de Seguridad  $SS = Z_{\alpha} * s_L$
- 2. Punto de pedido:  $r = d_{\alpha} = d_L + SS$
- 3. Coste del stock de seguridad:  $H * SS$
- 4. Media de roturas al año:  $(D/Q) (1 - \alpha) = N (1 - \alpha)$
- 5. Coste de almacenamiento:  $H(Q/2 + SS) = CP$

### 9.4.- Modelos Probabilistas

#### ✓ El modelo (r,Q) en entornos probabilistas:

- Consideraciones sobre el cálculo de la desviación típica:
- Los datos sobre previsión de la demanda suelen tener una periodicidad diferente que los tipos de suministro, por lo que se debe inferir a partir de los datos de la demanda, la demanda media  $dL$  y la desviación típica  $sL$  durante  $L$ .
- Conversión de la desviación típica de la demanda durante otro período:

$$S_T = S_t \sqrt{\frac{T}{t}}$$

- Donde:
- $S_T$  es la desviación típica de la demanda durante el período  $T$ .
- $S_t$  es la desviación típica de la demanda conocida en el período  $t$ .
- $T$  y  $t$  son los períodos en los que vienen expresados  $S_T$  y  $S_t$ .

### 9.4.- Modelos Probabilistas

✓ **El modelo (R,S) en entornos probabilistas:**

- Riesgo de rotura: existe en el período de suministro y en el período entre revisiones.

