

# CAPÍTULO I

## ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS Y CALIDAD

### 1.1 Introducción

En el presente capítulo se presentan los fundamentos que sustentan las bases sobre las que se realizaron el diagnóstico y el desarrollo de las propuestas de mejora.

### 1.2 Antecedentes

En el mundo de los negocios se dice que un inventario es la verificación física que realiza el departamento de almacén para cuantificar las existencias de todos los materiales, llámense materias primas, productos en proceso o terminados.

La administración de inventarios es, según el doctor Lewis (cit. por P.J.H. Baily, 1982), la ciencia basada en el arte de controlar la cantidad de existencias poseídas bajo diferentes formas dentro de un negocio para satisfacer de la manera más apropiada los requerimientos impuestos sobre dicho negocio.

De acuerdo con Bowersox y Closs (cit. por Long, 2010) el objetivo de la administración de inventarios es lograr el servicio deseado al cliente comprometiendo existencias mínimas, consistente con el costo total más bajo. Para decirlo de otra manera, los clientes quieren encontrar la mercancía que desean, cuando la necesitan, pero las tiendas no quieren mantener muchas existencias porque les cuesta dinero. Cubrir estas necesidades contradictorias es la esencia de la administración de inventarios.

Aunque costoso, el inventario juega un papel vital en la cadena abastecedora al permitir la especialización geográfica, el equilibrio entre la oferta y la demanda, así como el amortiguamiento de las incertidumbres.

En resumen los inventarios cumplen cinco propósitos principales:

1. Desarrollar y alcanzar economías a escala.
2. Balancear el suministro y la demanda
3. Permitir la especialización en la manufactura
4. Proporcionar protección de la incertidumbre
5. Actuar como amortiguador en interfaces críticas en la cadena de abastecimiento.

### 1.3 Tipos de inventario y sus características

De acuerdo con Muller (2004), los inventarios se clasifican en categorías generales según su naturaleza o función.

### **Clasificación de inventarios por su naturaleza:**

- Materias primas (MP). Se utilizan para producir artículos parciales o productos terminados.
- Artículos para servicio, reparación, reemplazo y repuesto. Son aquellos materiales que se requieren para asegurar el correcto funcionamiento de todo el proceso productivo.
- Productos terminados (PT). Son productos listos para su venta a los clientes. También se utilizan para ajustar la producción a la demanda, predecible o impredecible del mercado.
- Productos en proceso (PP). Se considera que los artículos son productos en proceso durante el tiempo en que las materias primas se convierten en productos parciales, subensamblajes y productos terminados. Los productos en proceso se deben mantener en el mínimo posible. Se acumulan por demoras en el trabajo, tiempos prolongados de movilización entre operaciones y generación de cuellos de botella.

### **Clasificación de inventarios por su función:**

- Inventario de amortiguación ó seguridad. Este tipo de inventario sirve para varios propósitos, pero los principales son:
  - Equilibrio entre la oferta y la demanda. Consumo y producción no son siempre equilibrados; el inventario ayuda a arreglar esto. El mejor ejemplo son los alimentos de temporada.
  - Disociar o desacoplamiento. Se refiere a la separación de las diferentes unidades operacionales para no tener que trabajar al mismo paso que las otras. Es decir, dos fábricas no necesitan coordinar sus operaciones y de esta manera, cada unidad de trabajo puede operar a su ritmo más eficiente y apilar el exceso si se necesita.
- Inventario de anticipación. Comprende el inventario que se produce en previsión de una temporada que se acerca, como los chocolates de lujo antes del Día de las Madres o el Día del Amor y la Amistad. No venderlas en el período previsto sería desastroso porque quedaría una considerable cantidad de existencias, más allá de su vida prevista de estantes.
- Inventario en tránsito. Es el inventario en camino de un lugar a otro. Podría aducirse que los productos que se trasladan en el interior de una instalación son inventario en tránsito; sin embargo, el significado común del concepto hace referencia a artículos que están dentro del canal de distribución hacia o desde usted o se encuentran en camino desde sus instalaciones hacia el cliente.

### **1.4 Principios de administración de inventarios**

La administración de inventarios en una empresa debe estar basada en una política de inventarios en lugar de sólo reaccionar a los cambios de la oferta y la demanda. Esta política puede ser a nivel táctico y a nivel estratégico. Proporciona el criterio para dar respuesta a cuestiones como: ¿dónde dejar la mercancía?, ¿cuándo resurtir? o ¿cuánto asignarle a las subunidades?

Las limitaciones de capacidad son consideraciones importantes al momento de planear. Esto se refiere al espacio de almacenamiento, la capacidad de los sistemas de información de ir al parejo de los cambios en el inventario y más. Las políticas de inventario necesitan considerar, por ejemplo, cuál es la cantidad máxima de existencias que se puede mantener si fuera necesario. El sistema de información es considerado una limitante porque una política de existencias puede crear esperanzas que no caben. Por ejemplo, ¿Puede el sistema de información proveer un reporte en tiempo real del inventario a mano? ¿A qué nivel de precisión?

Las expectativas de los clientes van en aumento. Lo que quieren es encontrar lo que están buscando cuando entran a la tienda. Cuando las compañías colocan una orden a sus proveedores, la quieren completa y a tiempo.

### **Nivel de servicio**

La meta básica de la administración de inventarios es proveer el nivel diseñado de servicio al cliente al menor costo posible. El nivel designado de servicios al cliente se mide en términos de disponibilidad. El nivel de servicio es la meta designada por la gerencia para el nivel de las órdenes surtidas. Hay diferentes maneras de definir el nivel de servicio, como el número de órdenes surtidas con las existencias disponibles, el porcentaje de cada orden surtida con las existencias disponibles, o el tiempo que toma reordenar las existencias. Es importante mencionar que se puede alcanzar cualquier nivel de servicio. La pregunta es si se puede alcanzar el nivel de servicio a un costo razonable.

De acuerdo con Bowersox y Closs (cit. por Long, 2010) el nivel de servicio puede medirse de tres maneras:

- Frecuencia de agotamiento del inventario. La probabilidad de que esto ocurra.
- Tasa de resurtido. Mide la magnitud o impacto del agotamiento del inventario. Por ejemplo, si un cliente ordena 100 unidades y solamente hay 70 disponibles, la tasa de surtido es 70%.
- Ordenes embarcadas completas. La medida de cuántas veces se surte una orden a tiempo y completa.

El agotamiento de las existencias afecta en dos formas: usualmente significa ventas perdidas y creación de una mala reputación a la compañía. Los problemas con el inventario se pueden traducir en una desventaja competitiva si la disponibilidad es peor en relación con la competencia. La posibilidad de que las existencias se agoten se llama riesgo de inventario. Este riesgo puede ser amplio o profundo.

## **Desarrollo de una estrategia de control de inventarios.**

Boersox y Closs (cit. por Long, 2010) indican los tres pasos para definir una estrategia de control de inventarios como sigue:

1. Clasificar productos o mercados. Diferentes productos tienen diferentes características y sus existencias necesitan diferenciarse. No hay una manera sencilla de clasificar los productos, pero entre las más comunes está:

Línea fina o clasificación ABC. Los productos se agrupan con base en sus características: volumen de ventas, ganancias, valor de inventario, tasa de uso o la naturaleza del artículo. La ley de Pareto, también conocida como la Regla de 80/20, establece que 80% de las ventas son de 20% de los productos. Otra medida común es productos 'A' con movimiento rápido / alto volumen, productos 'B' moderados y productos 'C' lentos.

2. Formular una estrategia para cada clase. La razón por la que se separan los productos en grupos es porque algunos son más importantes que otros. Las prioridades se asignan a cada grupo de manera que se le dé más atención a aquellos que tienen mayor importancia. La política de inventario determina a cuál grupo se le da prioridad. Dentro de cada grupo puede haber diferente objetivo de servicio y procedimientos de administración. Por ejemplo, los productos 'A', que son los más importantes, deben revisarse diariamente para asegurarse de que hay un inventario adecuado, mientras que los productos menos importantes, 'C', solamente se revisan mensualmente.
3. Desarrollar una política para cada clase. El paso final es desarrollar procedimientos operacionales que se encarguen de la clasificación de cada producto.

Algunos de los controles de inventario son proactivos, lo que quiere decir que la reposición se hace con anticipación a las necesidades. A veces, los controles de inventario son reactivos, lo que significa que nada se hace hasta que el nivel de las existencias se ha consumido hasta cierto punto. Una empresa debe ser proactiva, aunque no siempre es posible.

Los controles de inventario proactivos se usan con:

- Mercados altamente lucrativos.
- Demanda dependiente.
- Economías de escala.
- Incertidumbre del suministro.
- Limitaciones de capacidad del proveedor.
- Acumulación de bienes de temporada.

Los controles de inventario reactivos se usan con:

- Incertidumbre del ciclo de tiempo.

- Incertidumbre de la demanda.
- Limitación de capacidad en el destino.

### 1.5 Economía del inventario

Los inventarios tienen implicaciones importantes. Sabemos que las existencias son costosas, pero aun los contadores tienen problemas para identificar el valor verdadero de las existencias.

#### Valor del inventario

Hay dos métodos para calcular el valor del inventario: costo real y el valor del mercado. El costo real es la cantidad que se pagó por el producto; esta medida puede ser desviada si la cantidad pagada no refleja el valor real. Si el producto proviene de una transferencia interna, se usa el precio de transferencia (también sujeto a diferentes valores). El valor de mercado es un estimado del valor por el cual sería vendido en ese momento, el cual es de alguna manera subjetivo.

Cuando se tiene el costo real, hay tres maneras de estimar el costo de los bienes vendidos: UEPS, PEPS y costo promedio. El método de últimas entradas, primeras salidas (UEPS) usa el costo de las más recientes entradas a las existencias. En la mayoría de las situaciones, una tasa de inflación positiva aumenta el valor de las existencias porque las que entran al último generalmente son más caras. También refleja el costo más actual, lo que da una medida más precisa de los costos actuales. El método de primeras entradas, primeras salidas (PEPS) es el opuesto del método UEPS. En el método PEPS las existencias son valuadas comenzando con los artículos más antiguos. Esto puede reducir el valor total de las existencias dada la inflación. El método del costo promedio ponderado, llamado a menudo método del costo promedio se basa en el costo promedio ponderado del inventario durante el período. Este método pondera el costo por unidad como el costo unitario promedio durante un periodo, esto es, si el costo de la unidad baja o sube durante el periodo, se utiliza el promedio de estos costos. El costo promedio se determina dividiendo el costo de las mercancías disponibles para la venta (inventario inicial + compras) entre el número de unidades disponibles.

#### Costos de llevar existencias

Otro problema mayor de la economía del inventario son los costos de llevar existencias. Estos costos pueden variar dependiendo de las condiciones de almacenamiento y la naturaleza del producto.

Long (2010) clasifica estos costos de la siguiente manera:

- Costos de llevar existencias.
  - Costos de capital.
- Costos de servicios a las existencias.
  - Seguro
  - Impuestos.

- Costos de almacenamiento.
  - Bodegas de la planta.
  - Bodegas públicas.
  - Bodegas rentadas.
  - Bodegas de la compañía.
- Costos de riesgo de inventario.
  - Obsolescencia.
  - Daño.
  - Robo.
  - Reubicación.

### 1.6 Métodos de control de inventarios

Algunos de los métodos operacionales usados se describirán a continuación pero antes se detallarán los conceptos involucrados (Curso Investigación de Operaciones, 2004)

#### Tipos de demanda

En materia de inventarios tiene gran importancia la distinción de dos tipos de demanda: la dependiente y la independiente.

1. Demanda independiente (bienes finales), es la que viene determinada directamente por el mercado. Demanda de artículos demandados por el mercado de manera inmediata (productos terminados)
2. Demanda dependiente, es aquella que se encuentra vinculada a la demanda de otros productos. Entre el mercado y los bienes demandados median otros bienes, por ejemplo la demanda de neumáticos depende de la demanda de automóviles.

Si la demanda de bienes finales se conoce con certeza, se conocerá la de los que dependen de ellos, y al contrario. Con lo que realmente interesa es la demanda de bienes finales.

#### Tipos de modelos de inventarios

Los modelos de Inventario se clasifican en Modelos Determinísticos y Modelos Estocásticos o Probabilísticos, según la posibilidad de estimar la demanda.

Los modelos determinísticos se usan cuando la demanda en periodos futuros se puede pronosticar con precisión. Por otro lado, en los modelos estocásticos la demanda para cualquier periodo futuro se puede describir como una variable aleatoria en lugar de una constante conocida.

Estos modelos a su vez se pueden clasificar también en dos tipos, los modelos de revisión continua y los modelos de revisión periódica. Estos modelos varían según la forma en que se

revisa el inventario, ya se continua o periódicamente. En un sistema de revisión continua, se hace un pedido en el momento en el que el inventario baja del punto de reorden especificado. En la revisión periódica, se verifica el nivel de inventario en intervalos de tiempo discretos y sólo en estos momentos se toma la decisión para ordenar.

### **Costos involucrados en un modelo de inventario**

Los costos más frecuentes asociados a un inventario son los siguientes:

- Costo de ordenar o de producción. Muchos gastos asociados a efectuar una orden por cierto producto, o bien a producirlo internamente no necesariamente dependen del tamaño de la orden o del tamaño de la partida producida. Por ejemplo, los costos involucrados en el envío de un fax en el caso de órdenes, o bien el costo de encendido de maquinaria en el caso de producción propia.
- Costo unitario de compra. Corresponde al costo variable unitario involucrado en la compra de artículos a algún proveedor. Normalmente el costo de compra incluye los costos de materiales, mano de obra, maquinaria y utilidades del proveedor. Eventualmente, puede incluir también los costos de envío.
- Costo de mantener unidades en inventario. Involucra los gastos en los que se incurre al mantener una unidad en inventario un determinado período de tiempo. Luego, éste tipo de costo debe ir necesariamente ligado a un intervalo de tiempo, por ejemplo costo anual, semestral o diario de mantener una unidad en inventario. El valor del costo de mantener unidades en inventario depende en general de los costos de almacenamiento, impuestos, seguridad, financieros, asociados a la devaluación de los artículos almacenados o bien su obsolescencia. Sin embargo, la mayor componente del costo de mantener unidades en inventario está ligada al costo de oportunidad asociado a mantener un capital detenido por concepto de inventario.
- Costos por escasez o aceptación de órdenes pendientes. Cuando la demanda de un comprador no puede ser satisfecha se habla de una **escasez (stockout)**. En el caso que el comprador acepte recibir sus artículos fuera de plazo se habla de órdenes pendientes. Si se acepta el hecho de mantener órdenes pendientes, se habla de escasez planificada. Si el comprador no acepta los productos fuera de plazo, se habla pérdidas de ventas. En la práctica, la situación normalmente está entre los dos extremos mencionados en cuyo caso ambas situaciones pueden entregar buenos indicadores para definir la política a seguir. Existen muchos costos asociados a las órdenes pendientes, por ejemplo el costo de adquisición de unidades para satisfacer las órdenes pendientes podría ser mayor, además el hecho de no satisfacer una demanda a tiempo puede repercutir en la pérdida de clientes para el futuro y en el desprestigio. Además, la satisfacción de órdenes pendientes puede llevar a incurrir en grandes gastos en trabajo extraordinario. Luego, el costo de satisfacción de órdenes pendientes en general es muy superior a los costos de ordenar, de compra o producción o de mantener en inventario.

### **Supuestos en modelos de inventario**

En términos generales, los principales supuestos para desarrollar modelos de inventario son:

- Órdenes repetitivas. La decisión de ordenar es repetitiva en el sentido que es repetida en forma regular. Por ejemplo, si el inventario de un artículo es muy pequeño se efectúa una

orden, luego que el inventario vuelve a bajar se vuelve a emitir una orden, etc. Esta hipótesis no es adecuada en el caso de productos estacionales, como por ejemplo trajes de baño. En tal caso, se emitirán algunas órdenes durante primavera y verano y no se volverá a ordenar hasta el año siguiente.

- Demanda constante. Se asume que la demanda es conocida y ocurre a tasa constante. Por lo tanto, si la demanda anual es  $D$ , la demanda diaria sería de  $d = \frac{D}{365}$ , suponiendo que se vende todos los días del año.
- Lead Time constante. Por **tiempo de entrega (lead time)** ( $L$ ) entenderemos el tiempo transcurrido entre la emisión de una orden y la llegada de los artículos solicitados.
- Órdenes continuas. Se supondrá que se puede efectuar una orden en cualquier instante. En estos casos se habla de modelos de inventario con revisión continua. Si la revisión del inventario se hace a intervalos regulares se habla de modelos con revisión periódica. Tal es el caso de situaciones en la que sólo se puede efectuar órdenes cada cierto período de tiempo.

Si bien la consideración de demanda constante y lead time constante pueden ser altamente irreales y restrictivas, existen muchas situaciones en las que estas consideraciones permiten obtener buenas aproximaciones respecto de la situación real.

### 1.7 Modelos con demanda determinística

Se presentan a continuación las variaciones del modelo de cantidad de lote económico (EOQ) con una demanda estática.

#### Modelo del Lote Económico (EOQ)

Para formular el *Economic Order Quantity Model* o modelo EOQ, se requieren los siguientes supuestos (Curso Investigación de Operaciones, 2004):

1. La demanda es determinística y ocurre a tasa constante.
2. Si una orden de cualquier tamaño  $Q$  es efectuada, se incurre en un costo de ordenar  $c_o$ .
3. El lead time para cada orden es nulo.
4. No se acepta mantener órdenes pendientes.
5. El costo de mantener una unidad en inventario durante año es  $c_h$ .

Sea  $D$  el número de unidades demandada durante un año.

El costo  $c_o$  es adicional al costo  $c_p \times Q$  de comprar o producir  $Q$  unidades. Adicionalmente el costo  $c_o$  de comprar o producir cada unidad es independiente del tamaño de la orden, lo que excluye la posibilidad de descuento según el tamaño de la orden (ver modelo EOQ con descuentos).

El supuesto 3 impone que la orden llega inmediatamente una vez que es emitida. Luego se verá que esta condición puede ser relajada.

Como se asume que las órdenes llegan instantáneamente, no se efectuará ninguna orden a menos que el nivel de inventario  $I$  sea nulo para no incurrir en un costo de inventario innecesario. El objetivo es evitar que ocurra un stockout. Supondremos que la cantidad  $Q$  ordenada cada vez que se efectúa una orden (cuando  $I = 0$ ) es constante.

Para determinar el valor óptimo  $Q^*$  que minimiza los costos de inventario totales  $CT(Q)$ , se plantea:

$$CT(Q) = \text{costo de ordenar} + \text{costo de compra} + \text{costo de mantener en inventario}$$

Si se orden  $Q$  unidades cada vez y la demanda anual es  $D$ , entonces el número de órdenes por año:

$$\frac{\text{costo de ordenar}}{\text{año}} = \left( \frac{\text{costo de ordenar}}{\text{orden}} \right) \left( \frac{\text{órdenes}}{\text{año}} \right) = c_0 \frac{D}{Q}$$

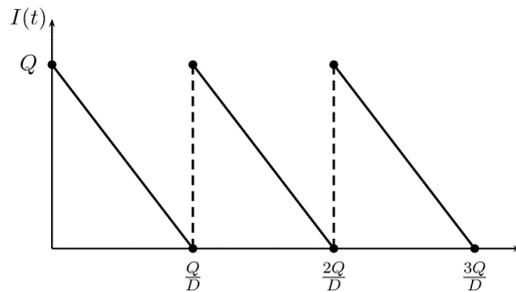
Para cualquier valor de  $Q$ , el costo unitario de compra es  $c_p$ . Debido a que la demanda anual  $D$  es independiente del tamaño de la orden, el costo anual de compra queda:

$$\frac{\text{costo de compra}}{\text{año}} = \left( \frac{\text{costo de compra}}{\text{unidad}} \right) \left( \frac{\text{unidades compradas}}{\text{año}} \right) = c_p D$$

Para calcular el costo de mantener unidades en inventario, supondremos que el nivel de inventario  $I(t)$  no es constante y varía en el tiempo. Si durante un intervalo de tiempo  $T$  el nivel medio de inventario es  $\bar{I}$ , el costo de almacenaje del período sería:

$$\text{Costo de mantener inventario durante } T = c_h \bar{I} T$$

Asumiendo que la primera orden de tamaño  $Q$  llega exactamente en el instante 0 y considerando que la demanda anual  $D$  es conocida, el nivel de inventario llegará a cero  $\frac{Q}{D}$  veces en un año. De acuerdo al supuesto de que la demanda ocurre a tasa constante, durante un período de longitud  $t$  (en años) se demandarán exactamente  $dt$  unidades. Luego, el nivel de inventario disminuye linealmente con pendiente  $-d$ . Cuando el nivel de inventario  $I(t)$  llega a cero, se vuelve a emitir una orden que llega instantáneamente y comienza un nuevo ciclo<sup>1</sup>. En la figura 1 se muestra el comportamiento del nivel de inventario  $I(t)$  con base en lo anterior.



**Figura 1: Modelo EOQ (Curso Investigación de Operaciones, 2004)**

<sup>1</sup> Cualquier intervalo de tiempo que comienza con la llegada de una orden y termina antes de la llegada de la orden siguiente se denomina ciclo.

La figura 1 consiste en la repetición de ciclos de longitud  $\frac{Q}{D}$ , por lo tanto, cualquier año contiene exactamente el siguiente número de ciclos ( $n$ ):

$$(n) = \frac{1}{\frac{Q}{D}} = \frac{D}{Q}$$

Luego, en un modelo EOQ el nivel medio de inventario corresponde exactamente a la mitad del tamaño de la orden  $Q$ . Este resultado es válido para cualquier modelo que tiene una demanda a tasa constante y en el cual no se permite escasez. En suma, el costo total asociado de mantener el inventario es:

$$\frac{\text{costo de mantener el inventario}}{\text{año}} = \left( \frac{\text{costo de mantener}}{\text{ciclo}} \right) \left( \frac{\text{ciclos}}{\text{año}} \right)$$

Donde:

$$\frac{\text{costo de mantener}}{\text{ciclo}} = \frac{Q}{2} \frac{Q}{D} c_h = \frac{Q^2 c_h}{2D}$$

Luego:

$$\frac{\text{costo de mantener el inventario}}{\text{año}} = \frac{Q^2 c_h D}{2D} \frac{D}{Q} = \frac{c_h Q}{2}$$

Combinando todos los costos asociados al modelo EOQ se obtiene la función de costo total (CT ( $Q$ )):

$$CT(Q) = \frac{c_o D}{Q} + c_p D + \frac{c_h Q}{2}$$

Para obtener el óptimo basta derivar respecto de la única variable  $Q$ :

$$\frac{dCT}{dQ} = -\frac{c_o D}{Q^2} + \frac{c_h}{2} = 0 \rightarrow Q = \pm \sqrt{\frac{2c_o D}{c_h}}$$

Debido a que se está hablando de cantidades, sólo interesa la solución positiva:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2c_o D}{c_h}} \dots \dots \dots (1)$$

Para demostrar que es mínimo, basta considerar la segunda derivada:

$$\frac{d^2 CT}{dQ^2} = \frac{2c_o D}{Q^3} \geq 0 \quad \forall Q$$

Luego, la función es convexa y efectivamente se trata de un mínimo.

Es importante observar que el tamaño de orden óptimo  $Q^*$  es independiente del costo de las unidades  $c_p$  ya que el precio a pagar no depende del tamaño de la orden. Por otro lado, se puede

demostrar que el óptimo ocurre exactamente cuando se iguala el costo de ordenar al costo de mantener unidades en inventario tal y como se observa en la figura 2.

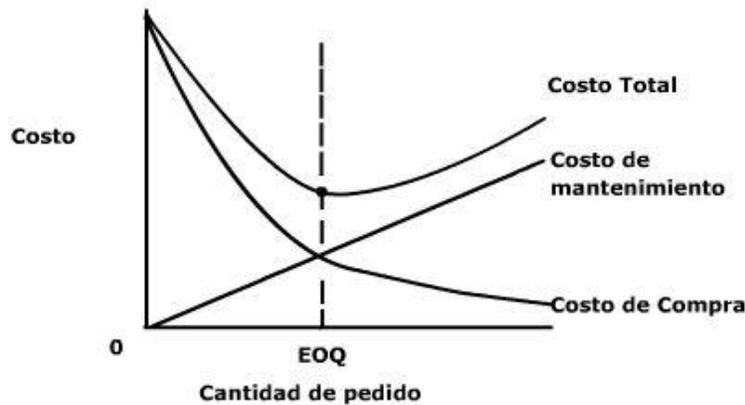


Figura 2: Relación entre los costos asociados y la cantidad de pedido (Curso Investigación de Operaciones, 2004)

### Modelo EOQ con descuentos

En una situación real, el precio de compra puede variar en función del tamaño de la orden, es decir, existen descuentos según la cantidad. Luego, el costo anual de compra o producción depende del volumen demandado. Adicionalmente si el costo de mantener unidades en inventario se expresa como un porcentaje del precio de compra, el costo anual de mantener órdenes en inventario también dependerá del precio de compra.

Si  $Q$  es la cantidad ordenada cada vez, el modelo general de descuento queda:

Si  $Q < b_1$ , el costo unitario es de  $p_1$ .

Si  $b_1 \leq Q \leq b_2$ , el costo unitario es de  $p_2$ .

Si  $b_{k-2} \leq Q \leq b_{k-1}$ , el costo unitario es de  $p_{k-1}$ .

Si  $b_{k-1} \leq Q \leq b_k = \infty$ , el costo unitario es de  $p_k$ .

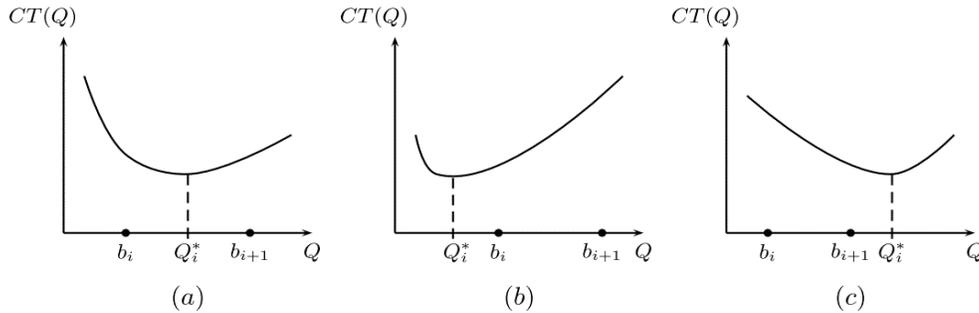
En los puntos  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_k$  hay un cambio de precio, por lo que se denominan puntos de quiebre del precio. Debido a que los precios bajos están asociados a grandes cantidades, se debe cumplir  $p_k < p_{k-1} < p_{k-2} < \dots < p_2 < p_1$ .

El objetivo es determinar el tamaño de orden  $Q$  que minimiza los costos totales  $CT(Q)$ . Hay que considerar que el tamaño de orden  $Q_i^*$  para cada tramo  $i$  debe encontrarse en el intervalo  $b_{i-1} \leq Q_i^* < b_i$  para que sean válidos los valores empleados para calcular  $Q_i^*$ , es decir, el costo unitario sea  $p_i$ .

Por otro lado, para cualquier valor  $Q$  fijo, se satisface  $CT_k(Q) < CT_{k-1}(Q) < \dots < CT_2(Q) < CT_1(Q)$  ya que el precio unitario  $p_k$  es decreciente. Por otro lado, si:

$$\begin{aligned}
b_i \leq Q_i^* < b_{i+1} &\rightarrow Q = Q_i^* \\
Q_i^* < b_i &\rightarrow Q = b_i \\
Q_i^* > b_{i+1} &\rightarrow Q = b_{i+1}
\end{aligned}$$

La afirmación anterior se justifica en el hecho de que  $CT_i(Q)$  decrece para  $Q < Q_i^*$  y crece para  $Q > Q_i^*$  tal como se muestra en la figura 3.



**Figura 3: Ubicación del óptimo en el modelo EOQ con descuentos (Curso Investigación de Operaciones, 2004)**

### Modelo EOQ con Producción

Es frecuente que los artículos sean producidos internamente en lugar de ser adquiridos a un proveedor externo. En dichos casos, el supuesto de que todos los artículos llegan juntos una vez ordenados puede ser irreal y se recurre a un modelo con producción a tasa constante.

Al igual que el caso de EOQ estándar, se supondrá que la demanda es determinística y ocurre a tasa constante (Curso Investigación de Operaciones, 2004). También se supondrá que no se admite escasez. El modelo supone que los productos son fabricados a una tasa  $p$  constante de unidades por unidad de tiempo (normalmente al año), luego durante un intervalo de tiempo de longitud  $t$  se producen exactamente  $pt$  unidades. Sea:

$Q_p$  = número de unidades producidas por corrida de producción.

$C_c$  = costo de cada corrida de producción.

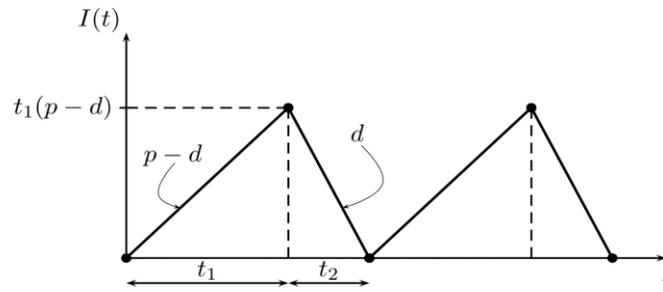
$C_h$  = costo de mantener una unidad en inventario por un año.

$D$  = demanda anual por el producto.

$d$  = demanda por unidad de tiempo.

Asumiendo que la producción comienza en el instante 0, la variación en el tiempo del nivel de inventario se muestra en la figura 4. Cuando comienza el período existe una producción a tasa constante  $p$ , simultáneamente existe una demanda a tasa  $d$ . Suponiendo que  $p > d$  (para poder satisfacer la demanda), el inventario crece a una tasa de  $p - d$  artículos por unidad de tiempo. Luego, el nivel máximo de inventario se puede calcular como  $t_i(p - d)$ . En este caso, los únicos

costos involucrados son los relativos al costo de producción y al de mantener unidades en inventario.



**Figura 4: Representación gráfica EOQ con producción (Curso Investigación de Operaciones, 2004)**

Para calcular los costos de producción es preciso determinar el número de corridas de producción necesarias para satisfacer la demanda  $D$ . Suponiendo que el costo de la corrida de producción es independiente del volumen producido, se tiene:

$$\text{costo de producción} = (\text{costo por corrida}) \times (\text{número de corridas}) = c_c \frac{D}{Q_p}$$

El costo de inventario puede ser calculado según el nivel de inventario medio, en otras palabras el área bajo la curva dividida por el tiempo transcurrido:

$$\text{costo de inventario} = c_h \frac{\frac{1}{2} t_1 (p-d)(t_1 + t_2)}{(t_1 + t_2)} = c_h \frac{1}{2} t_1 (p-d)$$

El intervalo de tiempo  $t_1$  describe la duración del período de producción por ciclo, por lo tanto:

$$Q_p = t_1 p \rightarrow t_1 = \frac{Q_p}{p}$$

Reemplazando ésta última en la ecuación de costo de inventario se obtiene:

$$\text{costo de inventario} = \frac{c_h (p-d) Q_p}{2p}$$

Luego, el costo total queda en función únicamente de  $Q_p$ :

$$CT(Q_p) = c_c \frac{D}{Q_p} + \frac{c_h (p-d) Q_p}{2p}$$

Derivando respecto a  $Q_p$  y luego tomando la solución positiva

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2c_c D_p}{c_h(p-d)}}$$

Se puede verificar que la segunda derivada es positiva, por lo que efectivamente se trata de un mínimo. La solución anterior está relacionada con el óptimo del EOQ (asimilando el  $c_c$  a  $c_0$ ):

$$Q_p^* = \sqrt{\frac{2c_c D}{c_h}} \sqrt{\frac{p}{p-d}} = Q^* \sqrt{\frac{p}{p-d}} \text{ ----- (2)}$$

Por lo tanto, en la medida que  $p$  crece el volumen de producción crece y cuando  $p \gg d$ , el factor  $\frac{p}{p-d}$  tiende a 1 y la solución se aproxima a la del EOQ.

### Modelo EOQ con Órdenes Pendientes

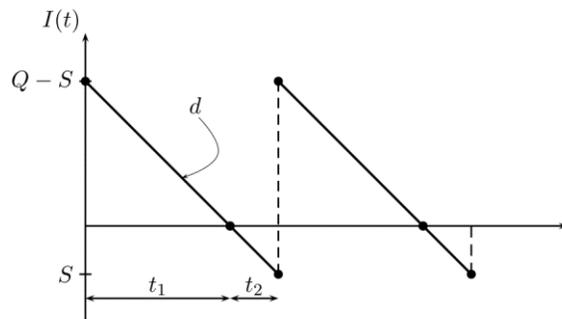
En muchas situaciones reales la demanda no puede ser satisfecha a tiempo, en cuyo caso ocurre escasez. Cuando ocurre escasez se incurre en costos adicionales por: pérdida de negocios, órdenes especiales, etc. En dichas situaciones es preciso realizar modificaciones al modelo EOQ usual.

Sea  $c_s$  el costo unitario de mantener artículos pendientes durante un año. Los parámetros  $c_o$ ,  $c_h$ ,  $c_p$  y  $D$  mantienen su significado usual. En términos generales, el valor de  $c_s$  es muy difícil de estimar. Para construir el modelo (Curso Investigación de Operaciones, 2004) se define:

$Q$  = Cantidad ordenada.

$S$  = Cantidad máxima de unidades pendientes acumuladas.

Se asume además que el lead time es nulo cuando se emite una orden por  $Q$  unidades. Si la primera orden ocurre en el instante  $t = 0$ , la representación gráfica es como se describe en la figura 5.



**Figura 5: Representación gráfica del modelo EOQ con órdenes pendientes (Curso Investigación de Operaciones, 2004)**

Debido a que el costo de compra no depende de  $Q$  y  $S$ , los costos involucrados son:

- Costo de ordenar. Como en cada ciclo se satisfacen  $(Q - S) + S = Q$  artículos, si la demanda anual es  $D$  el número de ciclos resulta:  $n = \frac{D}{Q}$   
Luego, el costo de ordenar queda:  $\text{costo de ordenar} = c_o \frac{D}{Q}$
- Costo de compra.  $\text{costo de compra} = c_p D$
- Costo de mantener el inventario. De acuerdo a lo visto previamente, corresponde al nivel medio de inventario, o bien el área bajo la curva dividida por la duración del ciclo, por el costo unitario  $c_h$ :

$$\text{costo de inventario} = c_h \frac{\frac{t_1}{2}(Q - S)}{t_1 + t_2}$$

De la figura 5 se obtiene:

$$dt_1 = (Q - S)$$

$$dt_2 = S$$

Luego, reemplazando en la ecuación de costo de inventario:

$$\text{costo de inventario} = c_h \frac{\frac{(Q - S)^2}{2d}}{\frac{Q}{d}} = c_h \frac{(Q - S)^2}{2Q}$$

Costo por órdenes pendientes. De igual forma al costo de mantener el inventario corresponde al nivel medio de órdenes pendientes por el costo unitario de mantener órdenes pendientes  $c_s$ :

$$\text{costo por órdenes pendientes} = c_s \frac{\frac{t_2}{2}S}{t_1 + t_2}$$

Remplazando:

$$\text{costo de inventario} = c_s \frac{\frac{S^2}{2d}}{\frac{Q}{d}} = c_s \frac{S^2}{2Q}$$

A partir de las expresiones anteriores, el costo total asociado al modelo EOQ con órdenes pendientes (Curso Investigación de Operaciones, 2004) queda:

$$CT(Q, S) = c_o \frac{D}{Q} + c_h \frac{(Q - S)^2}{2Q} + c_s \frac{S^2}{2Q} + c_p D$$

Debido a que la función anterior posee dos variables, los candidatos a óptimos se obtienen de:

$$\nabla CT = \left( \frac{\partial CT}{\partial Q}, \frac{\partial CT}{\partial S} \right) = (0, 0)$$

Al final se obtienen las ecuaciones (Curso Investigación de Operaciones, 2004) para ambas variables:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2Dc_o}{c_h}} \sqrt{\frac{c_h + c_s}{c_s}} = Q_{EOQ}^* \sqrt{\frac{c_h + c_s}{c_s}} \text{-----} (3)$$

$$S^* = \frac{\sqrt{\frac{c_h}{c_s(c_h+c_s)}} \sqrt{\frac{2Dc_o}{c_h}}}{\sqrt{\frac{c_h}{c_s(c_h+c_s)}}} (Q_{EOQ}^*) \text{-----} (4)$$

En las expresiones anteriores, en la medida que  $c_s$  crece  $Q^*$  tiende al óptimo de un EOQ estándar mientras que  $S^*$  tiende a cero.

### 1.8 Administración de la calidad total

La administración de la calidad total es un término que se oye con frecuencia cuando las empresas tratan de competir con sus contrapartes de mejor posicionamiento en el mercado. Es un sistema efectivo para integrar las actividades de desarrollo, mantenimiento y mejoramiento de la calidad, de los diversos grupos en una organización, con el objeto de permitir el desarrollo de las ventas, la ingeniería, la producción y el servicio en los niveles más económicos que permitan una completa satisfacción del cliente.

Un aspecto importante en el diseño de productos de calidad es dar a las personas lo que desean. Encontrar lo que desea el cliente e incorporar esos deseos en el diseño y la manufactura de un producto es un proceso de varias etapas. Estas etapas son:

- Obtener los datos
- Caracterizar las necesidades del cliente
- Dar prioridades a las necesidades del cliente
- Enlazar las necesidades con el diseño

Hay varios métodos para obtener los datos de partida. En forma tradicional, se solicita la opinión del cliente a través de entrevistas y encuestas. Una vez formada la base de datos, se deben dar prioridades y agrupar las necesidades y deseos de los clientes.

Una vez determinados y agrupados los atributos, se necesita enlazarlos a los procesos de diseño y manufactura. Esto se puede hacer con la incorporación de la función de calidad. En este método se relacionan las necesidades del cliente con los atributos del producto y/o los aspectos del proceso de producción mediante una matriz (Figura 6).

El usuario da estimados de la correlación entre atributos y necesidades en una parte de la matriz llamada "techo". La figura que resulta se parece a una casa, de aquí el término casa de la calidad.

La intensidad de correlaciones entre las necesidades del cliente y los atributos del producto o las características de diseño indica dónde se debe hacer énfasis al considerar el diseño de nuevos productos, o cuando diseñan cambios en productos existentes. Nahmias (2005) recomienda la obra de Cohen (1995) indicando que ésta tiene una descripción actualizada y detallada de éstos métodos de incorporación de la función de calidad.



**Figura 6: La casa de la calidad, matriz de planeación para despliegue de la función de calidad (Blog Producción Industrial, 2009)**

### 1.9 Competencia basada en la calidad

Como la calidad se puede definir en varias formas, la administración debe elegir a lo largo de qué dimensiones de la calidad se han de enfocar. Algunas empresas se basan en la confiabilidad de sus productos, también compite la dimensión del servicio y la máxima calidad.

Nahmias (2005) menciona, por ejemplo, que la mayor confiabilidad es uno de los factores principales del éxito de los fabricantes automotrices japoneses. La ventaja competitiva de Tandem Computers se basa en la confiabilidad de sus productos. Este método ha tenido éxito enorme porque muchos clientes, como bancos y empresas de servicios, están de acuerdo en pagar más por la mayor confiabilidad.

En el ámbito de la dimensión del servicio, por ejemplo, los bancos ofrecen a sus clientes una gran red de sucursales, cajeros y otros servicios. También hay empresas que proporcionan al consumidor el producto de máxima calidad, independientemente del costo. Como ejemplos característicos Nahmias cita los relojes Rolex, las cámaras Leica, los automóviles Rolls-Royce, las plumas Cross y los pianos Steinway.

Muchas empresas con éxito se basan en una estrategia empresarial que consiste en ser líder del mercado en una o dos dimensiones de la calidad.

### 1.10 Evolución de la calidad

A lo largo de la historia, la metodología de elaborar los bienes y el concepto de calidad han ido evolucionando de una forma paralela. A continuación se recoge un resumen (Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica, sf) de la evolución del concepto de calidad en el tiempo.

#### Época artesanal

El concepto de artesanía, según el cual los compradores confían en la habilidad y talentos de los artesanos formados y experimentados, algunos de los cuales han adquirido una reputación que se extiende más allá de los límites de su pueblo y de su tiempo; es también una forma de lograr la calidad y la excelencia.

Al expandirse el comercio más allá de los límites del pueblo y con el desarrollo de la tecnología se inventaron nuevos conceptos y herramientas para ayudar a lograr la calidad.

En las grandes ciudades los artesanos se organizaron en gremios monopolísticos. Estos gremios eran, por lo general, estrictos en el cumplimiento de la calidad de sus productos, sus estrategias incluían:

- Especificaciones para los materiales de entrada, para los procesos y artículos terminados.
- Control del comportamiento de los miembros del gremio.
- Controles de exportación sobre los artículos terminados.

Aportaciones:

- Alta especialización.
- Autocontrol de la calidad.
- Control estricto de la materia prima.
- Sistema de aprendices maestros

Ventajas:

- Excelente calidad de productos.
- Responsabilidad personal por la calidad.
- Gran interés por el cliente.
- Productos de alta durabilidad.

Desventajas:

- Productos de costo elevado.
- No se podría atender a grandes mercados.
- Pequeños talleres.

#### La revolución industrial

La revolución industrial que se originó en Europa, creó un sistema de fabricación que hizo que se quedaran obsoletos los pequeños talleres independientes.

Los artesanos se convirtieron en trabajadores de las fábricas y los maestros en capataces. La calidad se siguió administrando por medio de las habilidades de los artesanos complementadas con la supervisión.

La revolución industrial también aceleró el desarrollo de nuestras estrategias entre las que estaban:

- Especificaciones escritas para los materiales, procesos, artículos terminados y ensayos.
- Instrumentos de medida y laboratorios de ensayo.
- Diversas formas de normalización.

Cuando la revolución industrial se exportó desde Europa a Estados Unidos se continuaron las prácticas europeas, pero a finales del siglo diecinueve los Estados Unidos rompieron con la tradición europea, adoptando el sistema Taylor de administración científica.

Aportaciones:

- Grandes fábricas.
- El uso de la máquina de vapor.
- Especificaciones escritas
- Instrumentos para medición.
- Incipiente interés en normalización.

Ventajas:

- Producción para grandes volúmenes.
- Productos baratos.

Desventajas:

- Se sacrificó la calidad por la cantidad.
- No se contaba con la mano de obra calificada.
- Pérdida del interés por el cliente.

### **El desarrollo del control de la calidad**

La idea central del sistema Taylor era la separación entre la planificación y la ejecución, esta separación hizo posible un crecimiento considerable de la productividad pero propinó un golpe mortal al concepto de artesanía y el nuevo énfasis puesto en la producción tuvo un efecto negativo sobre la calidad.

Para restablecer el equilibrio se adoptó una nueva estrategia: un departamento central de inspección encabezado por un inspector jefe y su equipo de inspectores en fuerte oposición de los supervisores de producción.

En esta etapa (década de los años 20) la prioridad dada a la calidad declinó significativamente, pues a diferencia del maestro artesano la dirección de la fábrica se desentendió del proceso de administración de la calidad y ésta se hizo ambigua y confusa.

Es claro que en esta década de los años 20 se desarrolló el trabajo teórico pionero de la calidad.

Estos trabajos pioneros de aplicación de los métodos estadísticos para el control de la calidad en la fabricación tuvieron repercusiones sobre la industria. Lo que sobrevivió fue el gráfico de control de Shewhart, que en los años 80 se llegó a usar como elemento principal del control estadístico del proceso.

El crecimiento explosivo de bienes y servicios, tanto en volumen como en complejidad, tuvo como consecuencia una mayor exigencia en la calidad, esto llevó a las empresas a crear un departamento dedicado a la calidad: inspección, ensayos, ingeniería de calidad y fiabilidad.

La actividad central de estos departamentos siguió siendo la inspección y ensayo, separando el producto bueno del malo, con la idea de que el logro de la calidad era responsabilidad únicamente del departamento de calidad, generando costos elevados de verificación y de mala calidad.

El resultado fue una administración de calidad en que cada departamento ejecutaba su función asignada y el producto pasaba al siguiente departamento, al final el departamento de calidad separaba el producto bueno del malo y lo que escapaba y llegaba al cliente se resolvía con el servicio al cliente basado en la garantía.

Sin embargo la inspección final como base de la calidad no era una desventaja, la competencia usaba el mismo concepto, y a pesar de las deficiencias intrínsecas de este concepto muchas empresas fueron líderes y sus productos fueron bien considerados en el mercado en cuanto a la calidad.

#### Aportaciones:

- Separación de la planeación y la ejecución.
- Interés por normalizar productos.
- Inspección centralizada.
- Estadística aplicada al control de la calidad (gráficas de control). (Shewhart, Deming y Dodge).
- Ingeniería de calidad.
- Servicio de garantía.
- La calidad es un lujo.
- La calidad cuesta y el cliente no está dispuesto a pagarla.

#### Ventajas:

- Crecimiento de la productividad.
- Productos baratos.

#### Desventajas:

- Pérdida del interés por la calidad en aras de los grandes volúmenes.
- Inspección vs. producción.

- Nadie se responsabiliza de la calidad.
- Altos costos de inspección.
- Costos altos por retrabajos y desperdicios.
- Poco interés por satisfacer al cliente.
- Interés desmedido por abaratar costos.
- Muchos productos defectuosos en manos del cliente.

## **La Segunda Guerra Mundial**

La estrategia de los Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial de substituir la producción de productos civiles por armamento militar, encareció los primeros y apareció la escasez en medio de un elevado crecimiento del poder adquisitivo. Pasó la década de los 40 antes de que la oferta alcanzara a la demanda.

Esto llevó a que la máxima prioridad en las empresas fuera cumplir con las fechas de entrega, de modo que la calidad se redujo, lo cual prevaleció largo tiempo después de desaparecer la escasez.

Este análisis conceptual de lo ocurrido en los Estados Unidos no es gratuito pues nos hace ver dónde se ha parado, y cuál es la influencia en el avance de los conceptos de calidad en nuestro país: su práctica y las consecuencias en cuanto a la competitividad y desarrollo de los mercados para las empresas nacionales.

Durante la Segunda Guerra Mundial surgió el Control Estadístico de la Calidad (CEC).

El resultado fue que la mayoría de las aplicaciones del CEC en las empresas se orientó hacia la herramienta misma, en vez de enfocarla hacia los resultados; mientras que los contratos gubernamentales lo pagaban todo, las empresas no perdían. Cuando se acabaron los contratos con el gobierno, los programas de CEC se examinaron desde el punto de vista de su eficiencia en costo y la mayoría no pasó la prueba, conduciendo este análisis a la reducción de su aplicación.

Aportaciones:

- Desarrollo de la industria militar.
- Desarrollo de proveedores.
- Alta prioridad por el cumplimiento de plazos
- Alta prioridad por la normalización de productos.
- Control estadístico de la calidad. (Shewhart, Deming y Dodge).
- Sociedad Americana del Control de la Calidad (ASQC).
- Surgimiento de la ISSO (Organización Internacional de Normalización).

Ventajas:

- Altos volúmenes de producción.

Desventajas:

- Pérdida de calidad por cumplir plazos.
- Inspección vs. producción.
- Altos costos de inspección
- Costos altos por retrabajos y desperdicios.
- Poco interés por satisfacer al cliente.
- Productos de durabilidad limitada.

### **La aportación japonesa**

Después de la Segunda Guerra Mundial los fabricantes japoneses que habían estado ocupados en la producción de armamento se enfrentaron a la conversión a productos civiles, con el obstáculo primordial de una reputación de mala calidad en el comercio internacional.

Para resolver sus problemas de calidad, los japoneses se pusieron a aprender como otros países administraban la calidad. Con este fin, enviaron equipos de técnicos a visitar empresas extranjeras para estudiar sus enfoques y traducir al japonés una selecta bibliografía.

Otra de las acciones importantes fue invitar extranjeros a conferencias para que visitaran Japón e impartieran cursos de formación para los directivos, (década de los 50) y es entonces cuando Deming, Juran Feingenbaun, entre otros visitan Japón y hacen lo que hicieron en muchos países, con la única diferencia que en Japón los alumnos fueron los presidentes de las empresas japonesas más importantes.

A partir de estas acciones los japoneses idearon algunas estrategias sin precedentes, para crear una revolución en la calidad:

- Los altos directivos lideraron personalmente la revolución de calidad.
- Todos los niveles de personal se sometieron a la capacitación sobre la administración de la calidad.
- Se emprendió la mejora de la calidad a un ritmo continuado y revolucionario.
- Los niveles operativos se integraron en la mejora de la calidad a través de los círculos de calidad.

Durante los años 70 y 80 numerosos fabricantes japoneses incrementaron su participación en el mercado internacional, y una de las razones fundamentales que promovieron su éxito fue su alta calidad a un precio competitivo.

Aportaciones:

- Aprender lo que hacen otros
- Copiar, aplicar y mejorar.
- Formación de altos directivos.
- Altos directivos lideran la revolución de la calidad.
- Capacitación al personal sobre administración de la calidad.
- Círculos de calidad incluyendo al personal operativo
- La mejora continua de la calidad.

Ventajas:

- Alta calidad de productos.
- Bajos costos.
- Alta responsabilidad por la calidad.

### **Los países en desarrollo**

Pero, ¿qué ha pasado mientras tanto en los países en desarrollo como México?, en donde más del 90% de la industria son micro, pequeña o mediana empresa, mismas que generalmente son de propiedad familiar y en donde la administración profesional se reduce a algunas grandes empresas o en centros de producción que fabrican con licencias de empresas multinacionales.

Es común que el empresario nacional desconozca los beneficios de los sistemas de calidad y de su influencia sobre la rentabilidad, la competitividad y el desarrollo a largo plazo.

Otro impedimento para lograr niveles de calidad competitivos en las industrias, es que el industrial la considera como un objetivo deseable socialmente, pero su contribución a la rentabilidad de los negocios se tiene como algo marginal. Todo esto es el resultado de concepciones erróneas tales como:

- La alta calidad es más costosa
- El énfasis en la calidad conduce a una reducción en la productividad.
- La calidad esta básicamente condicionada a la cultura laboral de la mano de obra.
- La calidad puede asegurarse mediante una inspección estricta.

Otro factor adicional son las poderosas campañas de publicidad llevadas a cabo por las empresas multinacionales que han contribuido al desarrollo de un fe ciega en la calidad de los productos de importación; y que aprovechando la falta de una infraestructura de pruebas y especificaciones bien definidas de calidad, inundan de materiales y productos de baja y dudosa calidad a los países en desarrollo.

### **Situación en México**

- Políticas gubernamentales de proteccionismo.
- Mas del 90% de las empresas son micro, pequeñas y medianas.
- Propiedad familiar.
- Proveedores de multinacionales.
- Concepciones erróneas como “la calidad es costosa”, “mayor calidad menor productividad”, “la calidad se asegura con inspección estricta”, “las compras se basan en el precio y no en la calidad”.
- Mercadotecnia excesiva.
- Desmedida apertura de mercados.
- Falta de cultura por la calidad.
- Baja productividad.
- Baja competitividad.

Ventajas:

- Mano de obra barata.
- Abundante mano de obra.

Desventajas:

- Mano y mente de obra poco calificada.
- Administración poco profesional.
- Bajo nivel tecnológico.
- Desconocimiento de beneficios de sistemas de calidad.

### 1.11 Normas ISO 9001

Definición de las siglas ISO: Las letras coinciden con las iniciales en inglés del organismo que crea las normas cuyo nombre es: Organización Internacional de Normalización. Viene del prefijo griego que significa: IGUAL.

#### **La normalización internacional**

ISO (La Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). El trabajo de preparación de las normas internacionales normalmente se realiza a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participa en el trabajo.

La metodología de aseguramiento de calidad nace a mediados de los años 40 en los Estados Unidos considerándose, en ese tiempo, como un proyecto clasificado al cual pocas personas tenían acceso, debido a que se inició en la industria militar. En los años 60 se inició su aplicación en la industria aeroespacial.

El éxito obtenido por los sistemas de aseguramiento de calidad en proyectos militares, nucleares y aeroespaciales, impulsó a los empresarios estadounidenses y europeos a aplicarlos en sus actividades empresariales, obteniendo mejor control en sus procesos, mejor calidad en sus productos, disminución de costos y sobre todo una mayor participación en el mercado.

En 1979 Inglaterra por medio de British Standard Institute se convierte en el primer país en generar normas para el aseguramiento de calidad para industrias manufactureras, al publicar las normas BS5750.

Europa crea y adopta las normas de sistemas de calidad EN 29000 siendo este par de normas los modelos que se usan para la elaboración de las normas ISO 9000.

En el año de 1980, el secretario central de ISO solicitó a un grupo de asesores que investigara la necesidad y factibilidad de desarrollar normas para los sistemas de aseguramiento de la calidad. Los resultados arrojaron que existía una imperante necesidad por estas normas y que era factible desarrollarlas, así en 1984 se estableció el comité técnico 176, conocido como TC/176, para el desarrollo de estas normas.

El comité técnico ISO TC/176 armonizó los modelos existentes a escala mundial, publicando oficialmente la primera serie de normas sobre sistemas de aseguramiento de la calidad en 1987 dando lugar a las normas conocidas como ISO 9000:1987.

Para la realización de este trabajo el comité se divide en sub comités los cuales a su vez se dividen en grupos de trabajo, y cada grupo de trabajo es responsable de la revisión y elaboración de las normas.

El éxito de estas normas nadie lo pronostica y es a tal grado que hoy existen más de 100 naciones aplicando esta metodología.

ISO es la Organización Internacional de Normalización y entre sus objetivos está el de elaborar y promover las normas internacionales con el propósito de mejorar la calidad, promover la comunicación la productividad y el comercio.

ISO es un organismo no gubernamental con sede en Suiza. Los idiomas oficiales que se usan dentro de este organismo son el francés, ruso e inglés.

Es importante aclarar que ISO no certifica los sistemas de calidad solo elabora las normas que se usan para el desarrollo e implantación de las mismos.

### **La normalización en México**

México como miembro activo de ISO, es miembro del comité ISO/TC-176, y en 1989 constituyo el ahora llamado Comité Técnico Nacional de Normalización de Sistemas de Calidad (COTENNSISCAL) para la traducción y desarrollo de las normas mexicanas de sistemas de calidad que en la actualidad se identifican como NMX CC

COTENNSISCAL publico la primera traducción de las normas de sistemas de calidad como NOM en 1991 que incluye las normas NOM-CC de la 1 a la 8 que se basan en las normas ISO 9000 y otras normas relacionadas. En 1995 publico las normas NMX CC. Es en el año de 1993 cuando ISO reconoce las NOM CC como equivalentes a las normas ISO 9000.

Este comité está conformado por todos los sectores de la sociedad y tiene como función principal la traducción y desarrollo de las normas ISO 9000, así como representar a México ante el pleno del comité de ISO.

En 1992 se publica en México la Ley Federal de Metrología y Normalización (LFMN) que pone las bases para el actual esquema de normalización y certificación en México.

Con la publicación de esta ley cambia la nomenclatura de las normas de NOM a NMX CC y establece como características para las normas NMX al ser de carácter voluntario y para las normas NOM el ser de carácter obligatorio estableciendo una serie de diferencias para cada una de ellas, de igual forma permite la creación de los organismos de certificación, de normalización, de los laboratorios de prueba/ensayo de las unidades de verificación entre otras.

Todos estos organismos están a cargo de la iniciativa privada y de esta manera se conforma la estructura nacional para demostrar el cumplimiento de las normas.

En México, como en los demás países, corresponde a los organismos de certificación emitir certificados de cumplimiento con las normas de sistemas de administración de la calidad.

### Actualización de la norma

El Instituto Mexicano de Normalización y Certificación (IMNC) es una asociación civil que cuenta con el registro No. 002 como Organismo Nacional de Normalización (ONN), para elaborar, actualizar, expedir y cancelar Normas Mexicanas, con fundamento en los artículos 39 fracción IV, 65 y 66 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 23 fracción IV del Reglamento Interior de la Secretaría de Economía, en el campo Sistemas de Calidad (en general) como se indica en el oficio número 1246 de fecha primero de marzo de 1994.

Los requisitos generales para el sistema de Gestión de la Calidad, norma mexicana NMX-CC-9001-IMNC, ha sido desarrollada de acuerdo a las Directivas IMNC Parte 2, el IMNC menciona que la norma mencionada puede contener elementos que estén sujetos a derecho de patente y que por lo tanto no asume responsabilidad por la identificación de cualquiera o todos los derechos de patente, ni otorga licencias de uso sobre dichos derechos de patente.

La norma mexicana NMX-CC-9001-IMNC-2008 ha sido elaborada por el INMC/CTNN 9 “Comité Técnico de Normalización Nacional de Sistemas de Gestión de la Calidad y Evaluación de la Conformidad” en el grupo de trabajo de 9001-9004.

Tabla 1: Resumen de actualizaciones (Norma ISO 9001:2008)

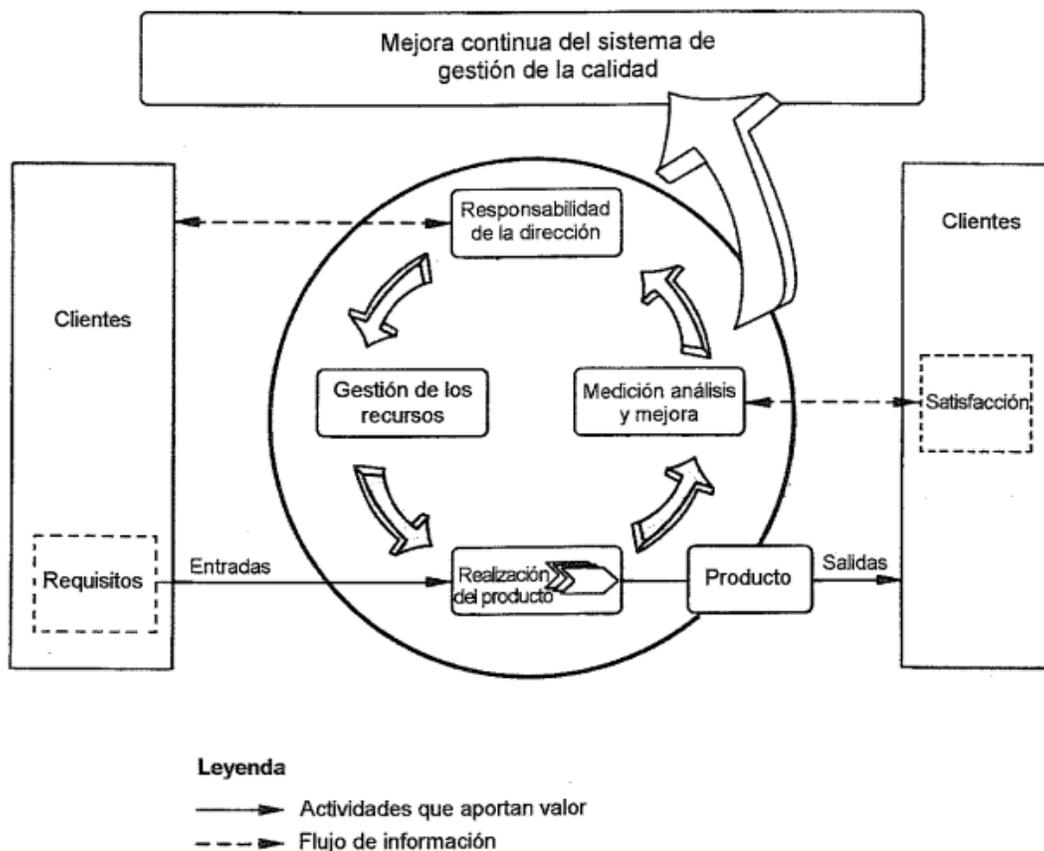
<b>Edición</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Cancela y reemplaza</b>
Primera	NOM-CC-003-1989	NOM-CC-003-1994
Segunda	NOM-CC-003-1994	NMX-CC-9001-IMNC-2000
Tercera	NMX-CC-9001-IMNC-2000	NMX-CC-9001-IMNC-2008
Cuarta	NMX-CC-9001-IMNC-2008	

La segunda edición de la norma mexicana NMX-CC-9001-IMNC-2008 (noviembre 2008) fue emitida por el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A. C. Ésta cancela y reemplaza a la primera edición NMX-CC-9001-IMNC-2000 el 13 de noviembre de 2009, que ha sido modificada para clarificar puntos en el texto y aumentar la compatibilidad con la norma NMX-SAA-14001-IMNC-2004 y su declaratoria de vigencia ha sido publicada por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía, en el Diario Oficial de la Federación el viernes 12 de diciembre de 2008.

Los principales cambios en la norma son:

- Se incluye un enfoque más explícito a la mejora continua del Sistema de Gestión
- Proporciona mayor claridad y facilidad de uso, realizando aclaraciones en términos e interpretaciones de los requisitos
- Se mantiene la misma estructura de cláusulas
- No se incluyen requisitos adicionales a los establecidos en la revisión anterior
- Se mantiene el enfoque de procesos desarrollado en la norma ISO 9001:2000

- Se fortalece el enfoque de competencias del personal
- Se detalla de forma específica el compromiso de cumplir los requisitos establecidos (Cliente, Legales, Reglamentarios, Internos y Otros).
- Ahora se incorporan algunas notas para aclarar la aplicación de los requisitos
- En el caso de las exclusiones, se sigue permitiendo excluir algunos requisitos de la Sección 7, siempre y cuando estén justificadas dichas exclusiones.



**Figura 7: Modelo de un sistema de gestión de la calidad basado en procesos (Norma ISO 9001:2008)**

### Estructura

La norma ISO 9001:2008 está estructurada en ocho capítulos, los tres primeros de carácter introductorio con declaraciones de principios, estructura y descripción de la empresa, requisitos generales, etc. Los capítulos cuatro a ocho están orientados a procesos y en ellos se agrupan los requisitos para la implantación del sistema de calidad.

Los ocho capítulos de ISO 9001 son:

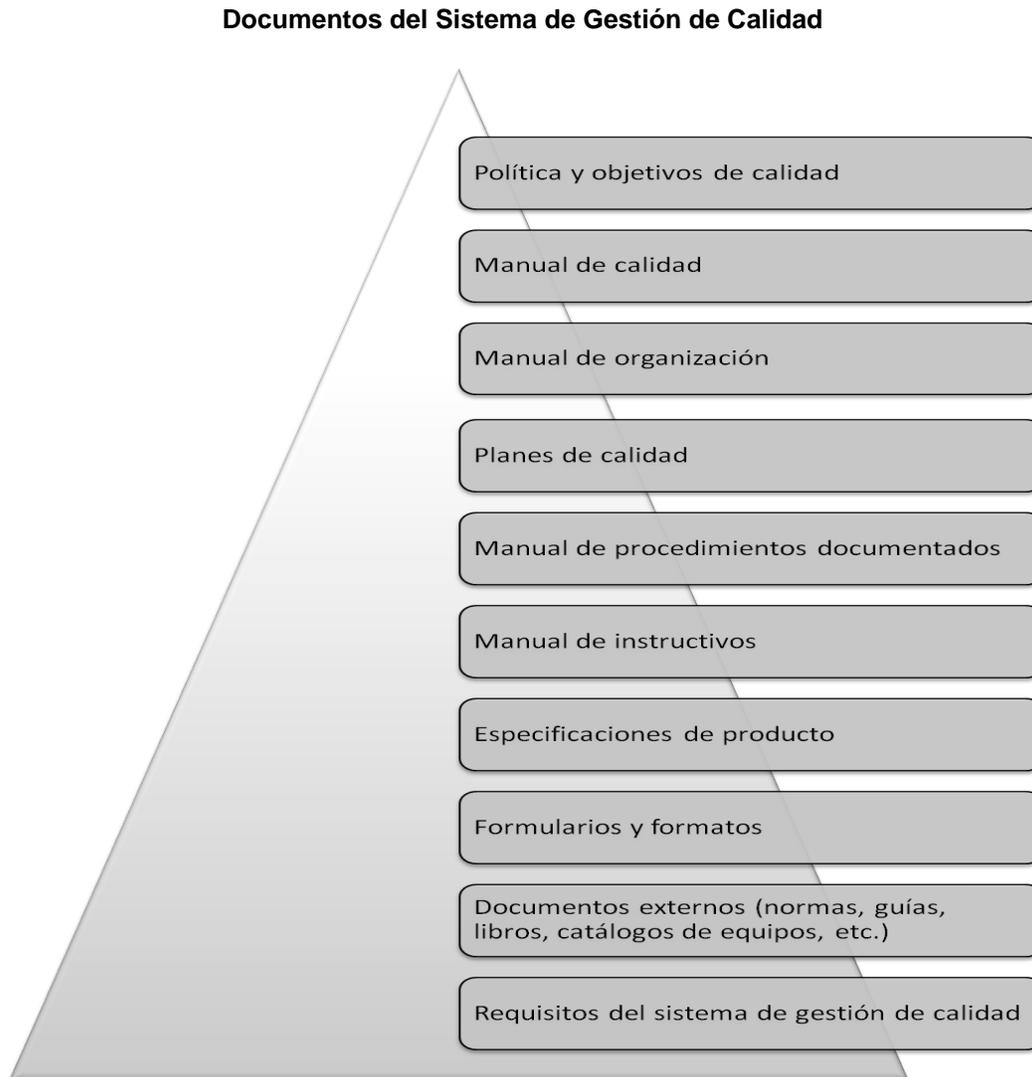
1. Objeto y campo de aplicación
2. Referencias normativas
3. Términos y definiciones
4. Sistema de gestión de calidad
  - 4.1. Requisitos generales
  - 4.2. Requisitos de la documentación
5. Responsabilidad de la dirección
  - 5.1. Compromiso de la dirección
  - 5.2. Enfoque al cliente
  - 5.3. Política de calidad
  - 5.4. Planificación
  - 5.5. Responsabilidad, autoridad y comunicación
  - 5.6. Revisión de la dirección
6. Gestión de recursos
  - 6.1. Provisión de recursos
  - 6.2. Recursos humanos
  - 6.3. Infraestructura
  - 6.4. Ambiente de trabajo
7. Realización del producto
  - 7.1. Planificación de la realización del producto
  - 7.2. Procesos relacionados con el cliente
  - 7.3. Diseño y desarrollo
  - 7.4. Compras
  - 7.5. Producción y prestación del servicio
  - 7.6. Control de los dispositivos de seguimiento y medición
8. Medición, análisis y mejora
  - 8.1. Generalidades
  - 8.2. Seguimiento y medición
  - 8.3. Control de producto no conforme
  - 8.4. Análisis de datos
  - 8.5. Mejora

La documentación de un sistema de calidad permite la comunicación del propósito y la consistencia de acción. Su utilización contribuye a:

- Lograr la conformidad con los requisitos del cliente y la mejora de la calidad
- Proveer información adecuada
- La repetibilidad y la rastreabilidad
- Proporcionar evidencias objetivas, y
- Evaluar la eficiencia y la adecuación continua del sistema de gestión de calidad

La elaboración de la documentación debe ser una actividad que aporta valor a los procesos de la empresa y no el fin del sistema de calidad.

A continuación se muestra un ejemplo de una pirámide típica de documentación.



**Figura 8: Pirámide de documentación (Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica, sf)**

A continuación se describe el contenido o información que proporcionan estos documentos:

- Manual de calidad: este documento contiene el alcance del sistema de calidad, los procedimientos o referencias a los mismos y la descripción de la interacción de los procesos. Adicionalmente puede incluir: historia de la empresa, política y objetivos de calidad, organigrama, descripción de las principales funciones, descripción de la estructura del sistema de calidad de la empresa, entre otras cosas.

- Manual de organización: organigrama y descripciones de puestos.
- Planes de calidad: contiene los documentos que describen los objetivos de la calidad y la especificación de los procesos operativos necesarios en la empresa, así como la descripción de los recursos requeridos para cumplir los objetivos de la calidad.
- Manual de procedimientos: contiene los seis procedimientos documentados requeridos por la norma (control de documentos, control de registros, auditorías internas de calidad control de producto no conforme, acciones correctivas y acciones preventivas), más los procedimientos documentados adicionales que la empresa requiera.
- Manual de instructivos: contiene las instrucciones de trabajo que son requeridas por los procesos y cuya ausencia podría causar efectos adversos en la calidad del producto.
- Especificaciones de producto: compendio de documentos que contiene los requisitos del producto o servicio.
- Formatos: compendio formatos y/o formularios que se empleen en las áreas
- Documentos externos: ubicación en las áreas de los documentos de origen externo que son empleados o consultados por el sistema de calidad de la empresa.
- Registros de calidad: evidencias de resultados obtenidos o de la realización de alguna actividad (se deben tener los registros solicitados por la norma y los que sean elaborados en las áreas como parte de las evidencias de la realización de las actividades diarias).

Las ventajas de contar con un Sistema de Gestión de Calidad son:

- Reducción de costos de operación, debido a la disminución de desperdicios, retrabajos, rechazos, tiempos muertos e incumplimientos.
- Comprensión y motivación del personal hacia los objetivos de la organización, así como participación en la mejora continua.
- Confianza de las partes interesadas en la eficiencia y eficiencia de la organización.
- La posibilidad de obtener beneficios financieros, sociales, de desempeño y reputación de la organización.
- Fidelidad del cliente y el negocio repetido.
- Respuestas rápidas y flexibles a las oportunidades
- Mayor participación en el mercado.

En conclusión:

La norma ISO-9001:2008 establece los requisitos que deben cumplir una empresa, si quiere obtener la certificación de su sistema de calidad bajo los lineamientos que esta solicita.

Este sistema debe documentarse, principalmente en los procedimientos y registros que la norma solicita como mínimo, por lo cual es necesario conocer y saber interpretar los requisitos que esta indica.

El desarrollo e implementación del sistema de calidad es tarea de todos (alta dirección, gerentes, jefes, supervisores, personal operativo, etc.) debido a que la calidad de nuestro producto

o servicio la genera el personal de toda la empresa mediante el desempeño diario de sus actividades.

### **VISION, MISION Y POLITICA DE CALIDAD:**

Visión es: comenzar con un fin en mente hace que nuestras acciones tenga razón de ser, pues la creación de una visión de lo que queremos lograr permite que nuestros actos estén dirigidos hacia lo que es verdaderamente significativo en nuestras vidas. Después de todo, para un velero sin puerto cualquier viento es bueno.

La visión representa lo que quiero ser o donde y como quiero verme en el futuro.

Misión: la Misión representa el credo personal que afirma lo que es tu vida. Son los compromisos que adquieres con tu visión y el que harás para lograrla.

Puede considerarse como una constitución personal.

La misión es la acción que nos acerca a la visión.

La Visión y la Misión no son un requisito solicitado por la norma ISO-9001:2000, más que conveniente dedicar tiempo a definir las y expresarlas para dar una orientación y razón de ser a las acciones de la empresa.

Política de Calidad: intenciones globales y orientación de una organización relativas a la calidad tal como se expresan formalmente por la alta dirección.

Objetivo de la Calidad: algo ambicionado o pretendido, relacionado con la calidad.

Los requisitos que solicita la norma ISO-9001:2008 para la política de calidad son:

- a) Sea adecuada a los propósitos de la organización.
- b) Incluya el compromiso de cumplir los requisitos y de mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de calidad.
- c) Proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de la calidad.
- d) Es comunicada y entendida dentro de la organización.
- e) Es revisada para su continua adecuación.

### **1.12 Análisis FODA**

El análisis FODA es la herramienta estratégica por excelencia más utilizada, aunque a veces de forma intuitiva y sin conocer su nombre técnico. El beneficio que se obtiene con su aplicación es conocer la situación real en que se encuentra la organización, así como el riesgo y oportunidades que le brinda el mercado. El objetivo del análisis FODA es el de que todas las partes involucradas en la actividad identifiquen las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que puedan afectar en mayor o menor medida a la consecución de sus objetivos.

Este análisis en común permite identificar una cantidad de ideas tres veces superior a la que generarían los mismos individuos trabajando por separado. En un buen análisis en común, cada miembro del equipo estimula las ideas de los demás con las suyas propias y los resultados frecuentemente son híbridos de muchas contribuciones.

El nombre lo adquiere de sus iniciales FODA:

**Fortalezas**, también llamadas puntos fuertes: son capacidades, recursos, posiciones alcanzadas y, consecuentemente, ventajas competitivas que deben y pueden servir para explotar oportunidades.

**Oportunidades**: es todo aquello que pueda suponer una ventaja competitiva para la organización, o bien representar una posibilidad para mejorar la rentabilidad de la misma o aumentar la cifra de sus negocios.

**Debilidades**, también llamadas puntos débiles: son aspectos que limitan o reducen la capacidad de desarrollo efectivo de la estrategia de la organización, constituyen una amenaza para la organización y deben, por tanto, ser controladas y superadas.

**Amenazas**: se define como toda fuerza del entorno que puede impedir la implantación de una estrategia, o bien reducir su efectividad, o incrementar los riesgos de la misma, o los recursos que se requieren para su implantación, o bien reducir los ingresos esperados o su rentabilidad.

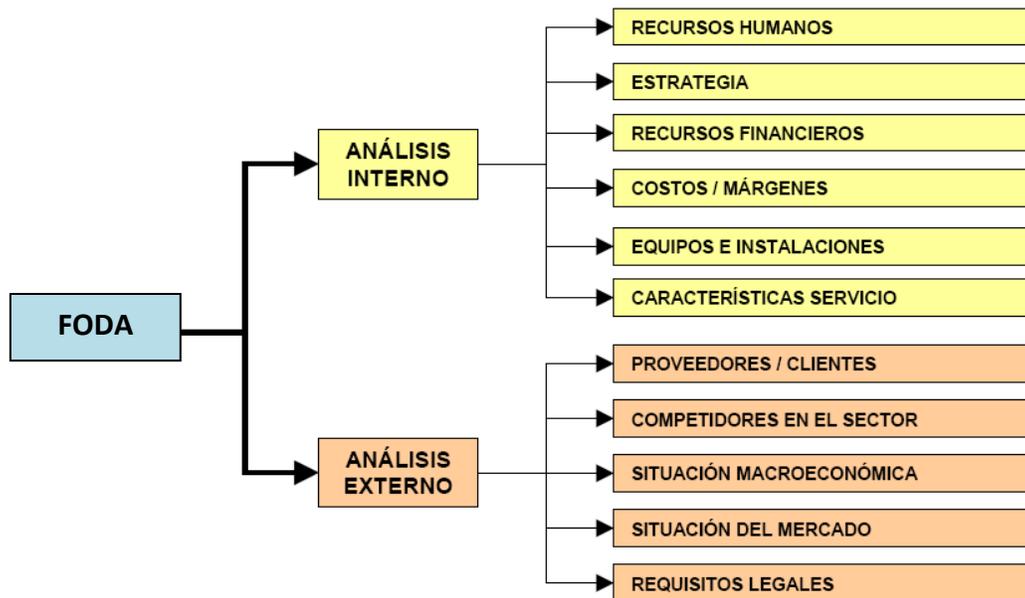


Figura 9: Elementos del análisis FODA (Ministerio de fomento; Gobierno de España, 2005)

Es recomendable formularse preguntas como:

- ¿Cuáles son realmente las mayores amenazas que enfrenta en el entorno?
- ¿Cuáles son las mejores oportunidades que tiene?

Lo realmente válido consistirá en tener el menor número de amenazas y debilidades y el mayor número de oportunidades y fortalezas. Las amenazas y debilidades, una vez identificado el mayor número posible, deberán estar acotadas de la mejor forma, para minimizar los efectos negativos, caso de producirse, o potenciarlas, convirtiéndolas en oportunidades y fortalezas.

Las oportunidades y fortalezas tendrán que ser cuidadas, mantenidas y utilizadas.

Tabla 2: Formato de una matriz FODA

<b>Análisis Interno</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>
<b>Análisis Externo</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>

De la combinación de fortalezas con oportunidades surgen las potencialidades, las cuales señalan las líneas de acción más prometedoras para la organización.

Las limitaciones, determinadas por una combinación de debilidades y amenazas, colocan una seria advertencia.

Mientras que los riesgos (combinación de fortalezas y amenazas) y los desafíos (combinación de debilidades y oportunidades), determinados por su correspondiente combinación de factores, exigirán una cuidadosa consideración a la hora de marcar el rumbo que la organización deberá asumir hacia el futuro deseable.