



1. CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA.

Módulo I:
IMPORTANCIA DE LOS INVENTARIOS Y SU ADMINISTRACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTROS

Duración: 6 horas

CONTENIDO

- A. Introducción: ¿qué son inventarios?
- B. Impacto financiero de los inventarios
- C. La importancia de los inventarios en la cadena de suministros.
- D. Objetivos de la administración de inventarios
- E. Clasificación de los inventarios
- F. Indicadores de gestión de los inventarios y la cadena de suministros

Módulo II:
ENFOQUES EN LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

Duración: 12 horas

CONTENIDO

- A. Introducción
- B. Entradas-procesos-salidas
- C. Métodos y técnicas de clasificación de los inventarios
 - a. Tipos de costos de Inventario
 - b. Análisis ABC
 - c. Inventario de ciclo
 - d. Kanban
 - e. Técnicas Justo a Tiempo
 - f. Existencias de seguridad
- D. Localización física y control de inventarios
 - a. Sistemas de localización de inventarios
 - b. Sistemas de zonificación
 - c. Sistemas de ubicación y agrupación de inventarios

Módulo IV: MODELOS PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS EN LA CADENA DE SUMINISTROS Duración: 15 horas
CONTENIDO
A. El nivel de servicios B. Modelos de cálculo de tamaño óptimo del lote C. El inventario de ciclo en una cadena de suministros D. Administración de la incertidumbre en la cadena de ciclo. a. Modelos de pronósticos b. El inventario de seguridad c. Las cadenas multiescalón y la incertidumbre d. Sistemas multilocalización y el riskpooling e. La disponibilidad de producto

Módulo V: CASOS ESPECIALES EN EL CONTROL DE INVENTARIO Duración: 15 horas
CONTENIDO
A. Control de inventarios de ítems especiales a. Control de inventarios de alto movimiento b. Control de inventarios de lento movimiento c. Control de ítems de perecederos y estacionales d. Control de ítems para mantenimiento B. Administración de inventarios en la logística humanitaria

2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Páginas Web Recomendadas:

- The X-Supply Game (XSG): <https://istm.zu.ac.ae/xsg>
- ASDN - "Agile Supply Demand Networks" modeling tool: <http://asdn.sourceforge.net/index1.htm>
- SimQRi - Quantification of Risk Consequences in Complex Supply Chains; <https://simqri.cetic.be/>

1. IMPORTANCIA DE LOS INVENTARIOS Y SU ADMINISTRACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTROS

1.1 - ¿Qué son los inventarios?

El inventario representa la existencia de bienes almacenados destinados a realizar una operación, sea de compra, alquiler, venta, uso o transformación. Comprende un conjunto de suministros, materias primas, productos en proceso y producto terminado, donde su almacenamiento y cuidado representa un costo para la organización (Muller, 2011).

De acuerdo con Muller (2011), todas las organizaciones mantienen inventarios, los cuales incluyen todos aquellos elementos que la organización necesita para desarrollar sus operaciones, incluyendo materias primas, suministros, componentes y productos terminados.

La administración de inventarios es una de las actividades logísticas en donde se encuentran más posibilidades de reducir costos para las empresas, mediante una mejor gestión de los materiales almacenados y su transporte

1.2 – El objetivo de los inventarios

En ambientes Justo a Tiempo (JIT) los inventarios se consideran desperdicios. Sin embargo, en ambientes donde el flujo de caja, falta de control en la transferencia de información entre los departamentos y con sus suplidores y clientes, tiempos de espera variables o problemas de calidad juegan papeles de gran importancia en la organización, es necesario, entonces, los inventarios.

Desde el punto de vista de las cadenas de suministros, los inventarios son cantidades de recurso que se ubican a lo largo de la cadena logística, que le permite su operación de manera eficiente y eficaz, con fluidez y costos apropiados, permitiendo disminuir el impacto de la variabilidad y la incertidumbre asociadas a las operaciones, lo que genera satisfacción en los clientes. Así, la acumulación de inventarios revela un manejo deficiente de los procesos y actividades de la organización.

Algunas de las razones más importantes para mantener inventarios son (Muller, 2011):

- Para crear reservas contra imprevistos en la oferta y la demanda
- Para lograr ventajas en descuentos de cantidad
- Para disminuir costos de instalación y montaje aprovechando la producción por lotes
- Para tener reservas que permitan enfrentar demandas estacionales o promociones

- Para mantener el flujo de productos entre lugares o centros de trabajo
- Para explotar oportunidades de especulación

1.3 Tipos de inventarios:

Los inventarios, en general pueden clasificarse como:

- Materia prima: aquellos inventarios de bienes que serán utilizados en la producción de bienes y servicios.
- Trabajo en proceso: consisten en materiales y productos que todavía no han sido terminados.
- Productos terminados: incluyen aquellos productos listos para ser vendidos.
- Componentes: son todos aquellos productos que se requieren para los procesos operativos y que no son materia prima. Normalmente se obtienen de otros proveedores y se agrega valor al producto final.
- Suministros: son aquellos elementos que hacen parte de alguna maquinaria, proceso o inmueble que se requiere para el correcto funcionamiento de la organización.

Por otro lado, aunque los inventarios típicamente se gestionan para mantenerse en la empresa, estos pueden encontrarse por fuera de la misma o en condiciones de cuidado especial, por lo cual su manejo es diferente (Zapata Cortés, 2014). Así, además de los tipos de producto que se requieren en inventario mencionados, se requiere ampliar esta clasificación a otros materiales entre ellos, producto en tránsito, producto en consignación e inventarios en cuarentena.

Los inventarios en tránsito hacen referencia a todos aquellos materiales que son propiedad de la empresa y que se encuentran en movimiento o dentro de los canales de distribución. Este movimiento se debe porque el cliente lo requiere o porque la empresa busca posicionarlos más cerca al cliente para mejorar el tiempo de respuesta una vez el comprador lo solicita.

Los inventarios en consignación se refieren a los productos que aun siendo propiedad de la empresa son mantenidos en las instalaciones de los clientes. Esto se hace para asegurarle al cliente un alto nivel de servicio, ya que el tiempo de aprovisionamiento de éste es inmediato, en cuanto a que puede disponer en cualquier momento de los materiales puestos en sus instalaciones.

Los inventarios en cuarentena se refieren a aquellos productos que requieren almacenarse obligatoriamente por un tiempo determinado, mientras este se adapta a las condiciones de consumo requeridas por los clientes, tal es el caso de algunos comestibles o productos químicos que requieren del cierto tiempo para obtener las características definitivas del producto.

En los tres casos, los productos siguen siendo de propiedad original de la organización vendedora, por lo que cualquier daño, deterioro, obsolescencia o

pérdida, así como manejos y ciertos requerimientos especiales correrán como costos logísticos y de distribución.

1.4 – Impacto de los inventarios en la cadena de suministros

Las decisiones que deben tomarse para la administración de un sistema de inventarios son muy complejas, no sólo por su importancia propia, sino por las interrelaciones con los otros sistemas de la organización (Vidal Holguín, 2010). El inventario representa un porcentaje importante del capital de trabajo de una empresa. Por lo tanto, de acuerdo con Caldentey y Pizarro (s. f.), el objetivo principal en la administración de inventarios, es aumentar la rentabilidad de la organización por medio de una correcta utilización del inventario, prediciendo el impacto de las políticas corporativas en los niveles del inventario, y minimizando el costo total de las actividades logísticas asegurando el nivel de servicio entregado al cliente.

Así, los inventarios impactan en tres grandes áreas de la organización, Finanzas, Mercadotecnia y Producción. La figura 1.1 muestra las tres grandes áreas de la empresa y de qué manera influyen la administración de los inventarios, creando en algunos casos conflictos ya que no posiblemente no se logran optimizar cada uno de ellos.



Figura 1.1. Impacto del inventario según las áreas de la empresa

<http://virtualnet2.umb.edu.co/virtualnet/archivos/open.php/692/mod1/modulo1.html>

De acuerdo con Zapata Cortés (2014), el propósito del control de inventarios es asegurar el funcionamiento de las actividades de la empresa mediante la optimización conjunta de tres objetivos:

- Servicio al cliente
- Costos de Inventario
- Costos Operativos

La optimización conjunta de los tres objetivos no se puede lograr, ya que no se podrá mejorar uno de ellos sin descuidar a los otros ya que son objetivos prioritarios de la organización. Se ve entonces el concepto del triángulo de objetivos tal y como se muestra en la figura 1.2.



Figura 1.2. Triple optimización (Álvarez, 2008)

Si se optimiza el servicio al cliente y los costos de inventario, entonces habrá que aumentar los

costos operativos en vista que hay que aumentar pedidos, procesos de almacenamiento, etc.

De la misma manera si se optimiza servicio al cliente y costos operativos, entonces habrá que mantener inventarios altos, de tal manera que se mantenga al cliente satisfecho. Finalmente, si se optimizan los costos, es posible que se vea afectada la percepción del cliente.

Así, como se muestra en la figura 1.3, la función de la administración de inventarios es básicamente buscar un equilibrio entre los conflictos de mantener un costo razonable de la inversión en el inventario y el adecuado nivel de servicio al cliente.

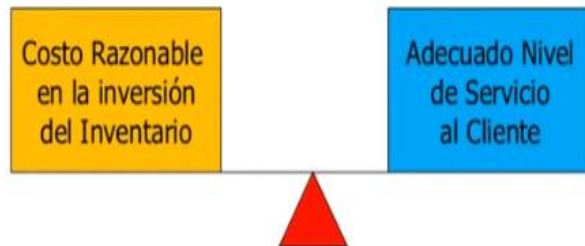


Figura 1.3. Objetivo de la Administración de Inventarios
<http://virtualnet2.umb.edu.co/virtualnet/archivos/open.php/692/mod1/modulo1.html>

En la administración de inventarios nacen dos preguntas, ¿cuánto comprar?, y ¿cuándo comprar? Estas preguntas pueden responderse en función a tres variables: demanda, tiempo de entrega y nivel de servicios. Así, estas respuestas están en función de los costos que generan los inventarios en la organización, costos relacionados con su almacenamiento, custodia, obsolescencia, costos financieros y de oportunidad entre otros.

- Cuánto pedir:
 - Inventario por si acaso vs., inventario justo a tiempo.
 - Costos asociados por almacenamiento
 - Costos asociados por pedir
 - Costos asociados por ventas perdidas
- Cuando pedir:
 - Plan de abastecimiento
 - Pedidos pendientes
 - Tiempo de pedido
 - Inventarios faltantes

Adicionalmente, los inventarios, impactan los estados financieros de dos maneras. En el balance general aparecen como activos corrientes. Así, afectan las razones de liquides, pero pueden llevar a conclusiones erróneas, porque no necesariamente es sencillo convertirlos activos en líquido, tal y como se establece en la definición de activos corrientes. Por otro lado, impactan en estado de ingresos ya que se contabilizan dentro del costo de venta, por lo que son parte importante en la ganancia o pérdida de la organización.

Es por lo anterior que la determinación del valor del inventario influye en los estados financieros de la empresa, ya que tendrán un mayor o menor valor dependiendo del método de valoración de que se utilice.

El inventario afecta el valor de los activos, los costos de manejo, producción y ventas y la capacidad de respuesta. Puede que un fabricante tenga inventarios grandes de materia prima a fin de aprovechar los precios internacionales de dichos productos.

Afecta, además, el tiempo de flujo de productos a lo largo de la cadena. Este tiempo de flujo (lead time) es el tiempo que transcurre entre el momento en que el material entra a la cadena y en que sale (Chopra & Meindl, 2016). Definiendo el rendimiento como razón en la que salen los productos de la cadena o la velocidad a la que ocurren las ventas, es posible determinar el inventario en un momento dado aplicando la Ley de Little. Si I representa el inventario, T el tiempo de flujo y D , el rendimiento, es posible entonces decir que el inventario será función de ambos, el tiempo y el rendimiento tal que:

$$I=DT \quad (1.1)$$

Esto implica que el inventario y el tiempo de flujo son elementos que la organización debe controlar, ya que el rendimiento es función de la demanda del bien, lo que implica reducir el inventario sin reducir la capacidad de respuesta o incrementar los costos operativos.

Así, la forma, ubicación y cantidad permiten que una cadena de suministro pueda variar de una de bajo costo a una de alta capacidad de respuesta. Esto se ve representado por el nivel de servicios.

De acuerdo con Zapata, (Zapata Cortés, 2014), el nivel de servicio en la administración de inventarios puede ser definido de dos maneras, la primera hace referencia a las relaciones con el cliente y la segunda a la disponibilidad de materiales o servicio. Las relaciones de cliente se refieren al hecho de que el cliente se mantenga satisfecho con el servicio prestado, lo cual no solo hace referencia al cumplimiento de las exigencias de compras, sino también a la forma como se relaciona con la empresa y lo que el cliente piensa sobre su proveedor. Este aspecto claramente es responsabilidad del área de ventas o mercadeo de la empresa, pero es importante tenerlo en cuenta en el control de inventario, ya que se debe propender por desarrollar procesos direccionados al cliente.

El aspecto de nivel de servicio relacionado con la disponibilidad de materiales se refiere al hecho de satisfacer el cliente mediante el cumplimiento de su demanda; es decir, asegurando que siempre que éste solicite material, se le abastezca sin ningún inconveniente. Esto conlleva a que las empresas deben proveerse de una cierta cantidad de materiales en el inventario, de tal manera que la probabilidad de que no se tenga el número de ítems requeridos por el cliente se reduzca.

Sin embargo, existe una relación directa entre tener determinadas cantidades de inventario con los costos que esto acarrea, ya que a medida que se aumenta la cantidad de materiales en inventario, los costos logísticos de la empresa se incrementan, tal como se presenta en la figura 1.4. Los costos logísticos aumentan debido a que se requiere mayor espacio para almacenamiento, más operaciones, supervisión, seguros y mayor inversión en capital entre otros. Por otro lado, el nivel de servicio llega a un punto donde no mejora, no importa que se tenga mayor inventario, ya que este dependerá de otros factores.

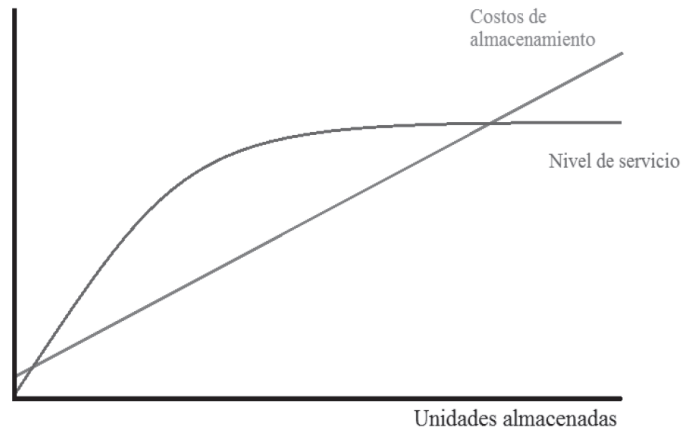


Figura 1.4. Relación entre los costos de almacenamiento y el nivel de servicios.
Tomado de: Zapata Cortés (2014)

Zapata Cortés (2014) afirma que la relación de disponibilidad puede ser escrita como la disponibilidad ofrecida al cliente, que es la relación entre la demanda del cliente y aquella que efectivamente ha sido satisfecha, como se aprecia en la expresión siguiente:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Demanda Satisfecha}}{\text{Demanda Total}} \quad (1.2)$$

Así, la disponibilidad de inventario será una fracción de la demanda total, de tal manera que nunca será mayor del 100%.

Adicionalmente, y derivada del concepto de la disponibilidad, es posible definir el nivel de servicio, en función a la cantidad de artículos ordenados como:

$$\text{Nivel de Servicio} = \frac{\text{Número de ítems suministrados}}{\text{Número total de ítems ordenados}} \quad (1.3a)$$

También se puede expresar en término de órdenes completas recibidas como:

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{\text{Total de órdenes completas suministradas}}{\text{Total de órdenes puestas}} \quad (1.3b)$$

Ahora bien, el nivel de servicios no solo tiene que ver con la cantidad de órdenes o productos entregados, sino con que los mismos sean entregados a tiempo. Así, es posible entonces decir que:

$$\text{Nivel de servicio} = \frac{\text{Total de órdenes completas y suministradas a tiempo}}{\text{Total de órdenes puestas}} \quad (1.3c)$$

Es importante que se tenga presente que no todos los materiales en inventario requieren el mismo nivel de servicio, esto debido a que los niveles de importancia de los inventarios para la empresa, así como la relevancia de los clientes puede cambiar.

Por lo anterior se requiere fijar diferentes políticas de nivel de servicio para los diferentes productos, donde las más comunes son:

- Niveles de disponibilidad por productos
- Minimizar el costo total de servicio
- Concentrarse en los clientes más importantes
- Aumentar el nivel de servicios en los productos más sensibles
- Mayor disponibilidad para los artículos más rentables
- Mejor servicio con los productos que más se mueven en el inventario

Por último, hay que ver el efecto de los diferentes componentes del inventario y sus costos, y su influencia en el costo total logístico de la organización. En la figura 1.5 se presenta una gráfica más detallada de los costos promedios de inventario a lo largo del tiempo de acuerdo con el Consejo de Profesionales de Logística en Estados Unidos, y se puede

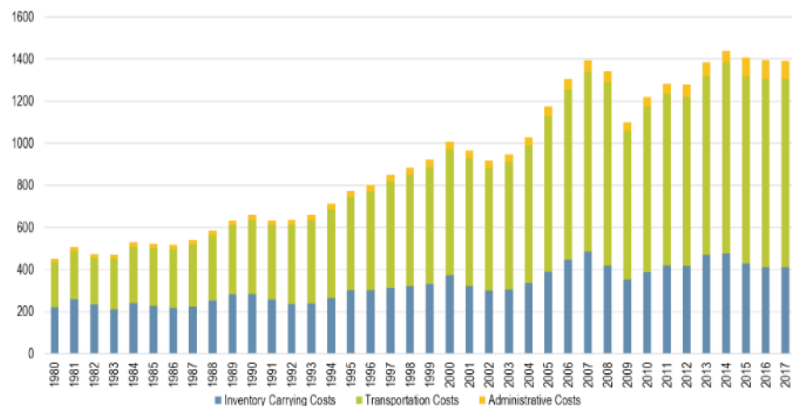


Fig. 1.5 Costos Logísticos, en billones de dólares, en los Estados Unidos, 1980-2017. (Rodrigue, Comptois, & Slack, 2017)

apreciar como de los tres componentes considerados, costos de mantener el inventario, transporte y costos administrativos, los costos de transporte van incrementándose anualmente.

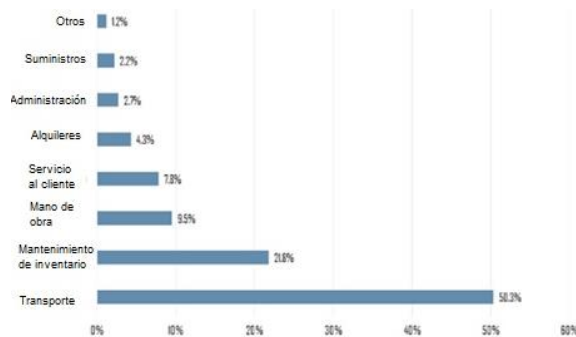


Fig. 1.6 Componentes de los costos logísticos. (Rodrigue, Comptois, & Slack, 2017)

La figura 1.6 muestra los componentes del costo logístico, en promedio, en las principales economías del mundo, donde se puede apreciar que el costo de inventario es de aproximadamente el 22% del valor total del producto, mientras que transporte es de 30% (Rodrigue, Comptois, & Slack, 2017).

Por lo tanto, se hace de extrema importancia el poder controlar de manera eficiente los niveles de inventario, de tal manera que se pueda consolidar en un transporte con costos razonables.

1.4.1- El efecto látigo

La necesidad de tener inventarios en la cadena de suministro se debe, más que nada, a los desajustes entre la oferta y demanda. Este desajuste es función de las necesidades y estrategias existentes en los diferentes nodos de la cadena, aumentando la disponibilidad para satisfacer aumentos en la demanda, como aprovechar las economías de escalas para reducir costos (Chopra & Meindl, 2016).

Estos desajustes, si no se mantiene un flujo de información apropiado puede llevar a ineficiencias mayores en los comportamientos de los inventarios no considerados en las estrategias establecidas. El Efecto Látigo (Bullwhip Effect) es uno de los causantes de las fluctuaciones que experimenta la proyección de la demanda a medida que se aleja del mercado a lo largo de la Cadena de Suministro. El efecto látigo es un fenómeno identificado por Jay Forrester en 1961 (Romero R., Aguirre A., Polo O., & Daza-Escorcia, 2016). Analizando una Cadena de Suministro Tradicional, Forrester observó que un pequeño cambio en el patrón de la demanda de un cliente se magnificaba según fluía a través de los procesos de distribución, producción y aprovisionamiento. En cada nivel de la cadena, esta desviación se amplificaba aguas arriba de la misma en forma de órdenes de reabastecimiento.



Figura 1.7. El efecto látigo

<https://es.slideshare.net/oscarreyesnova/a7-cadena-de-suministro>

El Efecto látigo consiste en la distorsión o amplificación de la demanda que afecta el desempeño una cadena de suministro.

La distorsión en las ordenes de reabastecimiento de productos con respecto a la demanda del cliente final se genera debido a la combinación de diferentes

factores tales como el tamaño de los lotes de pedido, la fluctuación de los precios de los productos, y al racionamiento y escasez de productos terminados y va aumentando según la cadena se separa del consumidor del consumidor final y se adentra hacia las etapas iniciales.

Esto es debido a que la señal de demanda se distorsiona a medida que se aleja del mercado final, es decir, se aumenta la variabilidad de la demanda a medida que es retransmitida entre eslabones de la cadena de suministro, tal y como se muestra en la figura 1.7.

El aumento de la variabilidad de la demanda se traduce en un aumento en la incertidumbre para quienes toman decisiones, afectando la planeación de operaciones de las organizaciones pertenecientes a la red de suministro.

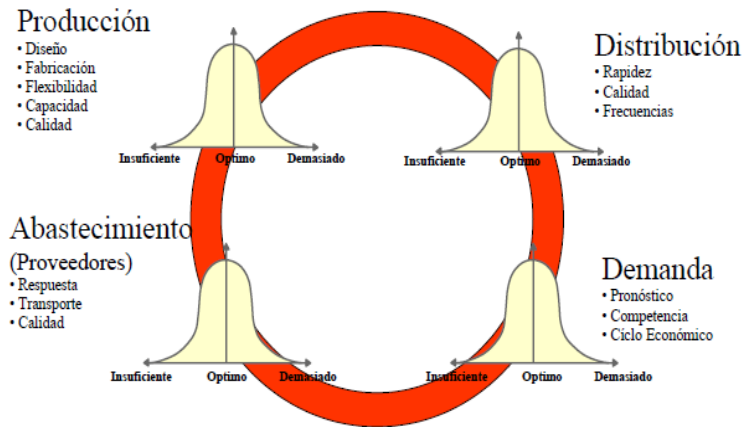


Figura 1.8. El ciclo de la incertidumbre (Caldentey & Pizarro, s. f.)

El aumento en la incertidumbre se puede ver en todas las etapas de la cadena, tal y como se muestra en la figura 1.8 (Caldentey & Pizarro, s. f.).

Se puede ver cómo, para cada eslabón de la cadena, hay diferentes variables que pueden afectar la incertidumbre debido a la variabilidad en cada etapa de la cadena.

De acuerdo con Romero y otros (Romero R., Aguirre A., Polo O., & Daza-Escorcia, 2016), el efecto látigo puede ser causado por diferentes inefficiencias en la cadena de suministro:

Tabla 1.1: Causas del efecto látigo

CAUSA	DESCRIPCIÓN
Pronósticos de la demanda	Cada actor de la cadena realiza su propio pronóstico de demanda, lo que genera que empresas del mismo sistema funcionen con un pronóstico diferente.
Tamaño del pedido o lote	Se refiere a pedidos en cantidades mayores a las requeridas para obtener economías de escala en el sistema (transporte), o por restricciones del sistema.
Planificación de precios	La variación de precios debido a promociones o descuentos por cantidad altera el comportamiento de las compras que realizan los actores de la cadena, generando distorsión en la demanda.
Especulación	Las empresas incrementan los pedidos en situaciones de escasez para garantizar que el proveedor lo abastezca en la mayor proporción posible.
Tiempos de reabastecimiento	El tiempo de reabastecimiento se encuentra relacionado con la cantidad de pedido, por lo que a mayor magnitud del tiempo se requiere incurrir en el loteo que distorsiona la demanda.
Comportamiento humano	Las personas que toman decisiones en las organizaciones son susceptibles de cometer errores, sobreestimar o subestimar la demanda por lo que

	pueden inducir distorsión en la señal de demanda del sistema
Colaboración y visibilidad	La falta de visibilidad y colaboración en el sistema genera desconexiones entre los actores de la cadena que conllevan la distorsión de la demanda.

Fuente Romero y otros (2016)

Finalmente, el efecto látigo incrementa la incertidumbre en la toma de decisiones de los eslabones del sistema, de manera que se pueden generar las siguientes consecuencias: altos niveles de inventario; baja utilización de equipos y recursos agotados, y mayor costo en las operaciones (Lee, Padmanabhan, & Whang, 1997) (Mejía, Palacio, & Wilson, 2014)

1.5 - Indicadores de gestión de los inventarios y la cadena de suministros

Como se mencionó anteriormente, los inventarios impactan a la organización en diferentes áreas, donde hay que ver el impacto de manera integral y no solo en cada una de las áreas de manera individual. Desde el punto de vista de la organización habrá que conocer si los inventarios cumplen o no con su objetivo, no solo para la operación de la empresa, sino también para sus propietarios o accionistas.

Aspectos tales como el retorno a la inversión, la utilidad neta y dividendos, son función del valor de los inventarios, mientras que aspectos tales como la rotación de inventarios, rotación de cuentas por cobrar y pagar y los márgenes de utilidad y punto de equilibrio, son función del valor de la mercancía o productos vendidos. Es por eso que es tan importante asignarle valor al inventario y conocer su comportamiento, dentro o fuera de las bodegas de la organización.

Los motores estratégicos de la cadena de suministro son importantes para que la organización logre el equilibrio entre la capacidad de respuesta y los costos de inventario y operaciones (Chopra & Meindl, 2016). Dentro de los principales motores estratégicos están:

- **Instalaciones:** es la ubicación física real en la red de la cadena donde se almacena, ensambla o fabrica el producto. Se pueden definir dos tipos principales: fábricas y almacenes. Las decisiones con las instalaciones tienen un efecto significativo en el desempeño de la cadena de suministros. Normalmente se consideran como activos si son propiedad de la empresa o como gastos de administración y ventas si son rentadas.
- **Inventarios:** comprende toda la materia prima, trabajo en procesos, producto terminado, suministros o componentes dentro de la cadena de suministros. Son activos corrientes de la empresa, y también influyen el costo de venta. Cambios en las políticas de inventarios impacta grandemente en la eficiencia de la cadena de suministros.

- **Transporte:** implica el equipamiento y proceso de mover inventarios de un punto a otro. Es parte de la logística de la organización. Adopta combinaciones de rutas y modos, cada una con su propia característica de desempeño. Los costos de envío se incluyen en los gastos de venta, aunque en algunos casos el cliente los cubre. Los costos de recibo pueden pasar a ser costos de ventas.
- **Aprovisionamiento:** es el conjunto de decisiones que comprende quién o quiénes realizarán las actividades particulares dentro de la cadena de suministro, tales como producción, almacenamiento, transporte y manejo de la información. Decisiones en el aprovisionamiento afectan la eficiencia de la cadena de suministros y en la capacidad de respuesta.
- **Fijación de precios:** esta actividad determina cuánto se cobrará por los productos y servicios proveídos, tanto al cliente, como en la cadena de suministros. Este aspecto es esencial en la eficiencia de la cadena de suministros porque puede afectar todo el funcionamiento de esta, desde la producción, transporte, distribución y venta de un producto.

Existe una serie de decisiones acerca de los inventarios que permiten hacer la cadena de suministros más eficiente, aumentando la capacidad de respuesta y disminuyendo costos en esta. Dentro de estas decisiones están (Chopra & Meindl, 2016):

- **Inventario de Ciclo:** es la cantidad promedio de inventario utilizado para satisfacer la demanda entre pedidos. Su tamaño depende de aspectos tales como su producción, transporte o costo. Las decisiones correspondientes al inventario de ciclo incluyen aspectos como cuánto pedir y cada qué tiempo.
- **Inventario de Seguridad:** es el que se mantiene en caso de que la demanda exceda lo pronosticado y ayuda a disminuir la incertidumbre. Decisiones respecto al inventario de seguridad implican hacer un compromiso entre los costos de mantener mayor cantidad de inventarios y el costo de ventas perdidas.
- **Inventario Estacional:** este inventario se acumula para contrarrestar la variabilidad estacional predecible de la demanda. Se acumula inventario en períodos de menor demanda y se guardan para períodos donde la demanda es mayor, cuando no se tiene la capacidad de producir estas cantidades, o porque no se producen dichos artículos.
- **Inventarios Especulativos:** son inventarios mantenidos por razones distintas a satisfacer la demanda. Por ejemplo, los productos comprados en grandes cantidades pueden llevar consigo un descuento por volumen que baje considerablemente el precio unitario. También pueden existir por especulación financiera, desabastecimiento, huelgas, etc.

- **Inventarios Muertos:** son los aquellos inventarios compuestos por artículos que no tienen demanda durante un largo período de tiempo. En general se trata de productos obsoletos, vencidos, pedidos especiales de clientes que han sido cancelados, etc. Las posibilidades para reducirlos son: reprocesarlos (lo cual no siempre es posible) o destruirlos (en general se demora la decisión por el impacto contable/ financiero)
- **Nivel de Disponibilidad del Producto:** es la fracción de la demanda que se satisface a tiempo con el inventario existente. Un alto nivel de disponibilidad permite un alto nivel de servicios, pero incrementa los costos de inventario. Un bajo nivel de disponibilidad disminuye los costos de inventario, pero también disminuye el nivel de servicio. Al igual que con el inventario de seguridad, debe existir un compromiso entre el nivel de disponibilidad y el nivel de servicio ofrecido.

En general, la literatura coincide que las decisiones fundamentales que la empresa debe tomar en cuanto a sus inventarios conllevan un compromiso entre capacidad de respuesta, eficiencia y eficacia en sus políticas. Recordando el hecho de los costos, el nivel de servicio y el tamaño del inventario no se pueden optimizar a la vez, entonces lo que queda es definir un compromiso entre estos aspectos a fin de lograr resultados satisfactorios.

A fin de tomar las decisiones sobre el inventario y conocer su efecto sobre la cadena de suministros, habrá que definir una serie de indicadores o métricas (KPIs) que permitan dar seguimiento a las políticas y acciones seguidas. Dentro de estas métricas se tienen (Chopra & Meindl, 2016):

- **Tiempo de ciclo de efectivo:** es un indicador del tiempo del movimiento de efectivo de la empresa y considera aspectos tales como las cuentas por cobrar y por pagar.
- **Inventario promedio:** mide el inventario promedio existente en la organización durante un período de tiempo dado. Debe medirse en unidades, valor y rotación.
- **Rotación de inventario:** mide el número de veces que el inventario rota anualmente. Es la razón entre el inventario promedio al costo de los productos vendidos o ventas.
- **Productos con más de un tiempo especificado en inventario:** identifica los productos los cuales permanecen más tiempo en inventario e identifica productos con sobreoferta o con comportamientos diferentes.
- **Tamaño promedio de lote:** mide la cantidad promedio de inventario disponible cuando llega un pedido de reabastecimiento. El control de existencia debe medir el tamaño del lote en término de unidades y de días de demanda.

- **Inventario estacional:** mide la diferencia entre el flujo de entrada del producto (incluyendo el inventario de ciclo y el de seguridad) y sus ventas de tal manera que se conozca, en promedio los productos y cantidades que se tienen solamente para atender incrementos estacionales de la demanda.
- **Tasa de surtido:** mide la fracción de pedidos/demanda que se atendió a tiempo con el inventario.
- **Fracción de tiempo sin inventario:** mide la fracción de tiempo que cierto producto no estuvo en inventario. Permite estimar las ventas perdidas de dicho producto.
- **Inventario obsoleto:** mide la fracción de inventario que sobrepasó una fecha de obsolescencia específica.

No necesariamente todos estos son los indicadores clave para controlar la gestión de inventarios en la cadena de suministro. Debe existir la capacidad de conocer, analizar y planificar en función a los nuevos retos a los que se enfrenta la cadena de suministros.

Por ejemplo, McKinsey Global, en el año 2010 presentó un estudio donde definía alguno de retos futuros de la cadena de suministros¹. Aspectos como el papel de las nuevas expectativas del cliente, así como patrones novedosos de demanda, necesidad de información actualizada, conocer los costos y expectativas del consumidor, el manejo en la volatilidad de precios, en especial de productos básicos, análisis dinámico de la cadena, entre otras cosas, son elementos y retos que aparecen en el futuro próximo de la cadena de suministros y su administración de inventarios.

DHL, por otro lado, publicó, para 2018 su radar de tendencias logísticas, donde presenta las nuevas tendencias en logística y cadena de suministros para los próximos cinco años, divididas en dos ejes, tecnologías y enfoque social y de negocios². Es posible ver en ese reporte aspectos como lotes unitarios, respuesta inmediata, manufactura inteligente y otros aspectos novedosos.

Finalmente, en el caso de Panamá, están los nuevos retos que han nacido con el canal ampliado, con la competencia de nuevos puertos, aeropuertos y ferrocarriles en países vecinos, nuevos desafíos y nuevas reglas de la globalización y comercio internacional, y tal vez, el reto más grande e importante, el cambio climático global.

¹<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-challenges-ahead-for-supply-chains-mckinsey-global-survey-results>

² www.dhl.com/innovation

2. ENFOQUES EN LA ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

2.1 – Introducción

En el caso de distribución indirecta, el bien o servicio pasa por diferentes etapas en la cadena, lo que exige cada vez más coordinación entre las diferentes etapas para evitar la incertidumbre o variabilidad entre la oferta y demanda de dicho bien o servicio, amortiguando en alguna manera el Efecto Látigo del que se conversó en la sección anterior.

Singh y Verma conceptúan (Singh & Verma, 2018) la cadena de suministros en dos enfoques: por un lado, dicen que la cadena de suministros está dividida en una serie de ciclos, cada uno ejecutado en la interfase entre dos etapas sucesivas de la cadena de suministros, tal y como se muestra en la figura 2.1.

Por otro lado, presentan la cadena de suministros dividida en dos categorías, dependiendo si esta está en función a las órdenes o en anticipación a las órdenes. Los procesos “pull” son iniciados por los consumidores y sus órdenes, mientras que los procesos “push” son iniciados en anticipación a la demanda, como se muestra en la figura 2.2.

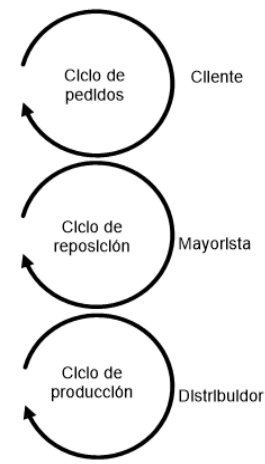


Figura 2.1. La cadena de suministros desde el enfoque de ciclos (Singh & Verma, 2018)

En el caso de los sistemas “push” es posible ver que este inicia con el abastecimiento en función a estimados de demanda hechos por la empresa, que permiten hacer la planificación de la producción a través de un programa maestro que definirá los inventarios de materia prima, productos en procesos, productos terminados y las políticas de envío a los diferentes centros de distribución, para entonces satisfacer los mercados de acuerdo con la demanda planificada. Bajo esta estrategia, la variabilidad entre el punto de demanda (consumidor final o cliente) y el punto de oferta (fabricación) puede ser grande y generar comportamientos tipo Efecto Látigo (Chopra & Meindl, 2016).

En el caso de los sistemas “pull”, los procesos de producción y su planificación serán función de los pedidos de los clientes, más que de la demanda pronosticada por la empresa. Estos sistemas requieren una gran coordinación entre los diferentes puntos de la cadena a fin de mantener siempre la información actualizada que

permita hacer planes de las cantidades que se necesitan para satisfacer los pedidos (Singh & Verma, 2018).

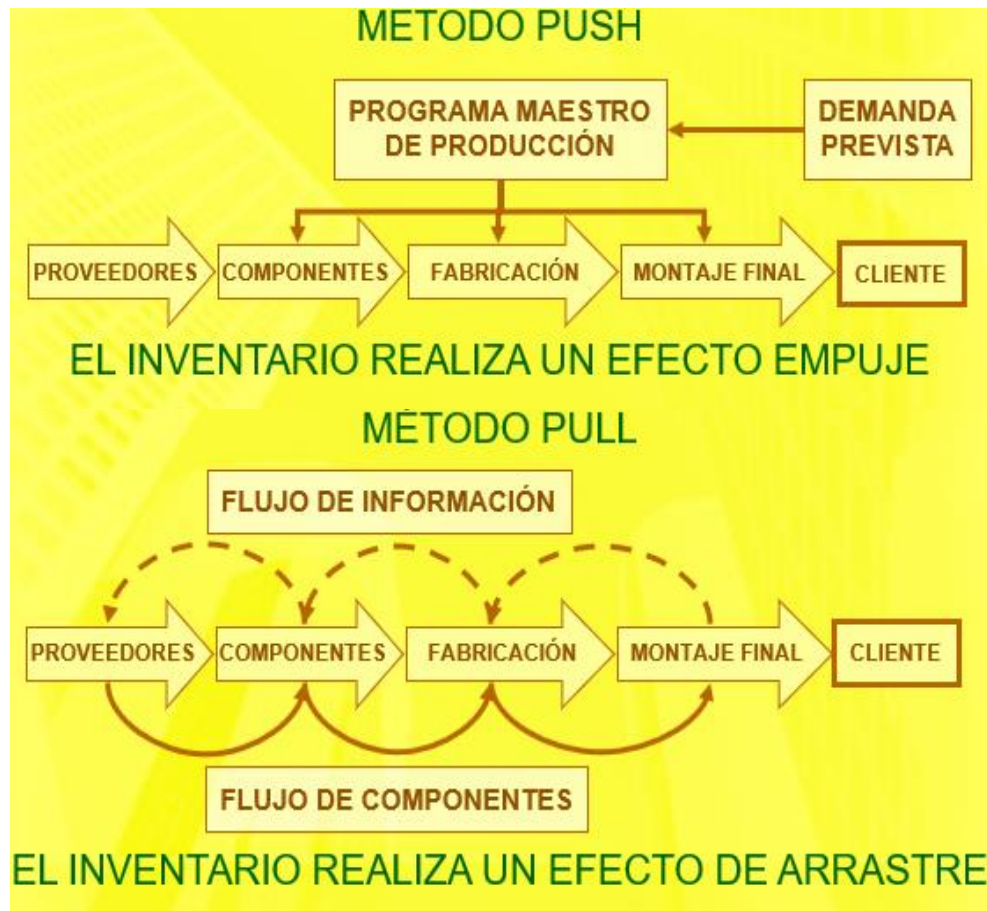


Figura 2.2. Sistema “push” vs “pull” (Machuca, García González, Domínguez Machuca, Ruiz Jiménez, & Álvarez Gil, 1995)

Así, el sistema pull hace referencia a un sistema que se ajusta en todo momento a la demanda. Esto quiere decir que no se produce nada hasta que no hay una demanda real del producto. En el momento que la demanda empieza a estar presente, la producción se hará efectiva. Esto es muy común encontrarlo en productos que son bajo demanda o totalmente personalizados.

Por otra parte, el sistema push engloba a todos aquellos productos de los que se sabe que ya hay demanda suficiente, productos genéricos que se sabe que sí o sí van a salir del almacén. También se puede dar en el caso de productos cuyo proceso de fabricación es largo y complejo, por lo que se precisa de una fabricación anterior para poder atender la demanda (Singh & Verma, 2018).

Se puede concluir entonces que la producción de un bien o servicio estará sujeta a ambos procesos, dependiendo de las características de sus componentes, sean estas partes, elementos, empaques, etc. Es posible proponer entonces, que todo

producto o servicio comprende la coordinación de dos o más cadenas que pueden llamarse cadena del negocio y cadena del producto.

La cadena del negocio estará compuesta por todas aquellas actividades que permiten llevar el bien o servicio objetivo hacia el consumidor final. Por otro lado, las cadenas del producto serán aquellas cadenas de suministros que llevan los componentes, partes, elementos o empaques necesarios para tener el bien o servicio objeto del negocio.

El concepto fundamental de estas cadenas se observa en las figuras 2.3, 2.4 y 2.5, las cuales tratan de modelar un negocio, en este caso agrícola. La figura 2.3 muestra la cadena del producto, donde se puede apreciar, en la figura 2.3a la secuencia de actividades para obtener un producto final, mientras que en la 2.3b se aprecia que hay una serie de procesos de apoyo que llevan a término el proceso completo de producción y distribución del producto final.

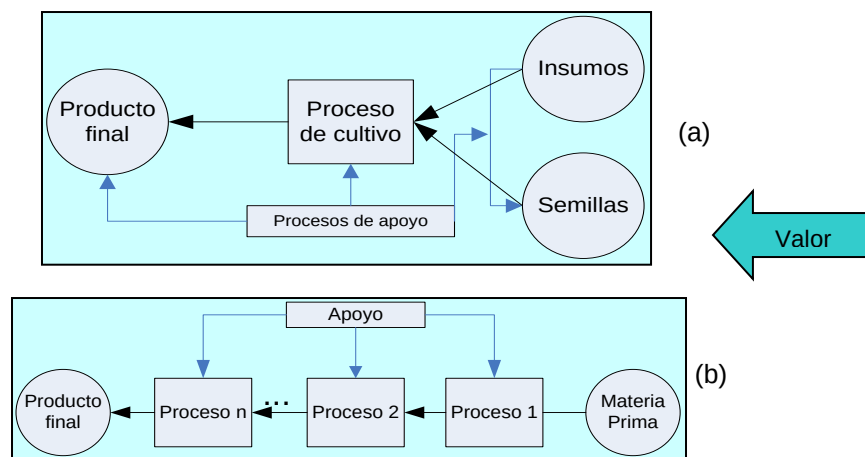


Figura 2.3. Cadena de suministros de un producto agrícola. (Alvarez, 2008)

La figura 2.4, muestra la cadena del negocio. El producto agrícola que llega, a través de una cadena logística (cadena de frío) a las diferentes etapas que comprenden la cadena, hasta que llega al productor final.

Finalmente, la figura 2.5 muestra las dos cadenas integradas. Es posible ver la complejidad de que dichas redes adquieren, y

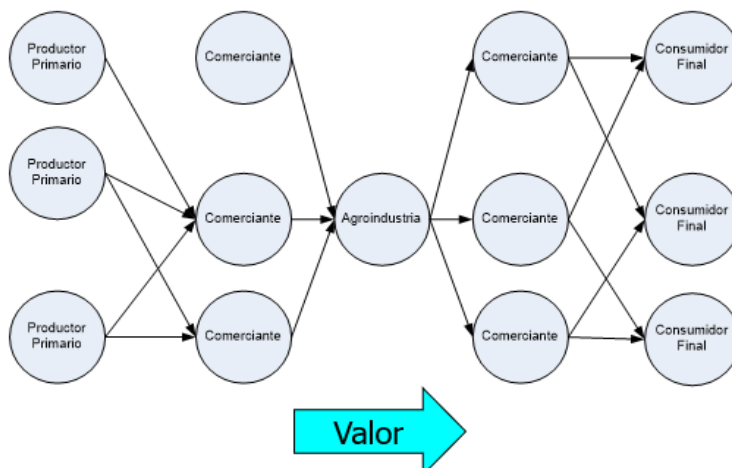


Figura 2.4 Cadena del negocio agrícola. (Alvarez, 2008)

compiten entre sí, es un proceso dinámico y las organizaciones necesitan conocer y reaccionar ante ambientes complejos (Singh & Verma, 2018).

La administración de inventarios (Muller, 2011), es la parte de la administración de la cadena de suministros que planifica, implementa y controla que el flujo de materiales, suministros, productos y servicios de y desde la empresa se haga de manera efectiva. Es, a su vez, responsable del flujo de información entre los puntos de origen y final de la cadena a fin de poder cumplir con los objetivos y requerimientos de los clientes. Así, al establecer los métodos de previsión y determinar los momentos y cantidades de reposición, habrá que controlar también los movimientos de entradas y salidas, el valor del inventario y las tareas a realizar.

De acuerdo con Singh y Verma (Singh & Verma, 2018), la administración de inventarios se puede definir como el proceso continuo de planificar, organizar y controlar el inventario, buscando minimizar la inversión en inventarios mientras se busca balancear la oferta y la demanda. Específicamente, es el proceso de supervisar el suministro, almacenamiento y accesibilidad de los inventarios con el objetivo de asegurar un suministro adecuado sin exceso de inventarios.

La administración de inventarios puede verse como un proceso de flujo continuo. En este sentido y tal y como se ve en la figura 2.6, el almacén recibe bienes a una tasa de llegada, los cuales componen las existencias. Estas existencias son consumidas a una tasa equivalente a la tasa de demanda del bien.

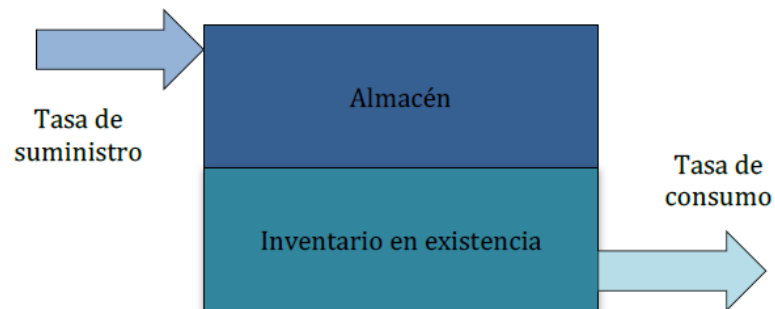


Figura 2.6. Inventarios como un proceso de flujo (Machuca, García González, Domínguez Machuca, Ruiz Jiménez, & Álvarez Gil, 1995)

El objetivo es mantener un balance entre ambas tasas de tal manera que se satisfagan las necesidades de demanda sin acumular demasiadas existencias, las cuales generan costos adicionales. Este proceso de flujo se da en todos los puntos de la cadena y deberá ser coordinado de tal manera que no falten bienes en ninguno de estos puntos.

Al ser cada vez más complejas las cadenas, se obliga a establecer procesos de administración de inventarios coordinados de tal manera que el flujo se mantenga. Por ejemplo, la figura 2.7 muestra diferentes cadenas ya sea de distribución directa o indirecta.

No importa el tipo de cadena que se tenga, es importante reconocer que la administración de inventarios tiene que conocer de un flujo que comprende tres etapas: Entradas – Procesos – Salidas, y donde deberán existir los correspondientes controles.

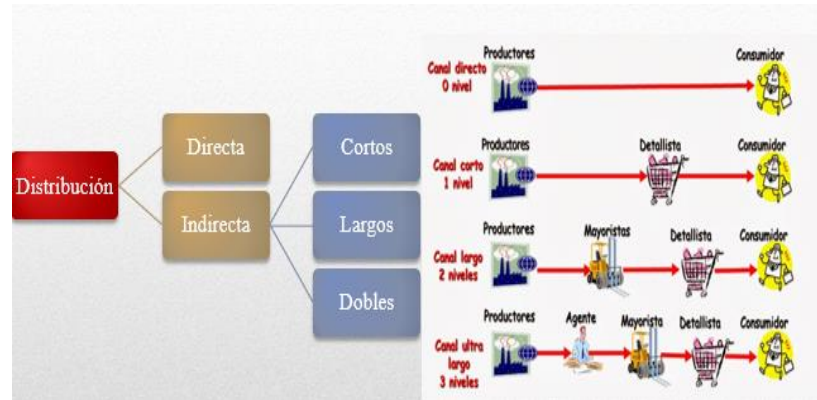


Figura 2.7. Cadenas de diferente longitud presentan retos de coordinación (Alvarez, 2008)

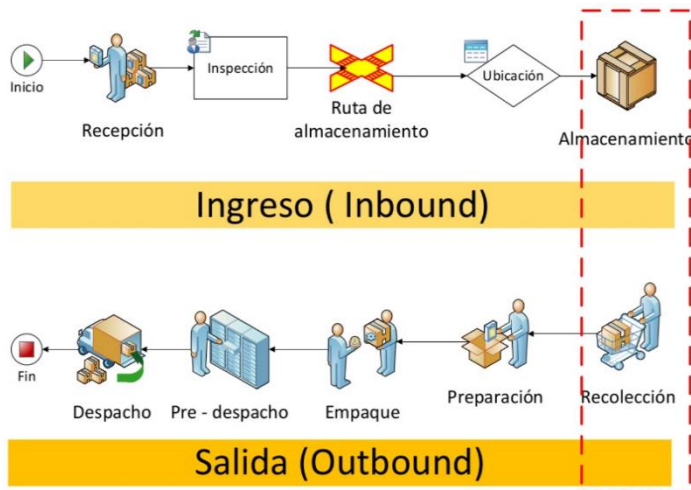


Figura 2.8. Los procesos de control y flujos de inventarios (Vidal Holguín, 2010)

Entradas: Incluye los diferentes procesos relativos al control de los ingresos por documentos y físicos al almacén por entradas, devoluciones o ajustes de materias primas, producto terminado, mercancía no fabricada por la empresa, insumos, repuestos entre otros.

Procesos o controles: Se refieren a los procesos de control que tienen que ver con todo lo que afecta al almacén en

el momento de realizar los diversos controles como conteos físicos, ajustes por pérdidas, daños, errores de control de materias primas, suministros, herramientas y partes, entre otros.

Salidas: hace referencia a los controles de salidas de almacén por medio de documentos de salidas, remisiones, consumos, devoluciones o ajustes de materias primas, producto terminado, mercancía no fabricada por la empresa, insumos y repuestos entre otros.

Los controles en los diferentes casos tienen que atender la entrada y salida de vehículos y personas, documentación de recibo y salidas, procesos de registro de entradas y salidas, nuevos productos o bienes, etc. Adicionalmente, deben garantizarse los controles de la estadía de los productos y bienes en los almacenes, valorando estos de acuerdo con las técnicas contables adoptadas.

Aunque hay diferentes maneras de valorar el inventario, Muller (2011) menciona los cinco principales:

- **Primero que entra primero que sale (PEPS o FIFO):** la valoración del inventario se hace asumiendo que los primeros que se utilizan o venden fueron los primeros que entraron al inventario. Aunque es el que mejor muestra el flujo real de los artículos, debido a los procesos inflacionarios, asigna mayor valor al inventario final.
- **Último que entra, primero que sale (UEPS o LIFO):** el método asume que los artículos adquiridos de último son primeros en utilizarse, no importa el momento de su adquisición. El método valora los inventarios finales con un menor valor.
- **Costo promedio:** identifica el calor del inventario y el costo de los bienes vendidos como el costo promedio de los costos de los productos disponibles en un período de tiempo. Asume que el inventario final está compuesto por bienes de todos los períodos.
- **Método de costo actual o específico:** supone que se puede dar seguimiento a cada uno de los bienes en tiempo real y se puede cargar el costo real del producto o bien a los inventarios.
- **Método de costeo estándar:** supone que se conocen todos los costos asociados al manejo y control de los productos y trata de prorratear los costos en función a los diferentes componentes de este.

2.2 Métodos y técnicas de clasificación de los inventarios

Una empresa tiene miles de bienes en inventario, pero no todos ellos merecen una atención cuidadosa y control. Para esto, se hace necesario identificar los componentes críticos en el inventario. Es por esta razón que se hace necesario conocer de qué manera se pueden clasificar los inventarios, de tal forma que se puedan tomar decisiones estratégicas al respecto.

2.2.1 Clasificación ABC

La Clasificación ABC es una metodología de segmentación de productos de acuerdo con criterios preestablecidos. Consiste en dividir los artículos en tres clases, de acuerdo ya sea con los valores monetarios, o el nivel de movimiento de los inventarios, de modo que los encargados de la administración puedan concentrar su atención en aquellos que tengan el valor más alto (Carro Paz & González Gómez, 2014).

La Clasificación ABC está fundamentada en la Ley de Pareto (Muller, 2011), en la que se establece de que, dentro de una población dada, aproximadamente el 20% de ellas tiene concentrado el 80% del valor de toda la población, mientras que el restante 80% de la población tiene aproximadamente el 20%. Como valor puede definirse valor monetario o nivel de movimiento entre otros.

Como se observa en la figura 2.9, los bienes tipo A suelen representar cerca del 20% de los artículos en inventario, pero les corresponde el 80% del valor. Los artículos clase B representan otro 30% de artículos, pero les corresponde únicamente el 15% del valor, mientras que los de clase C corresponde el 50% del volumen, pero corresponde solamente el 5% del valor.

Porcentaje
acumulado
de valor

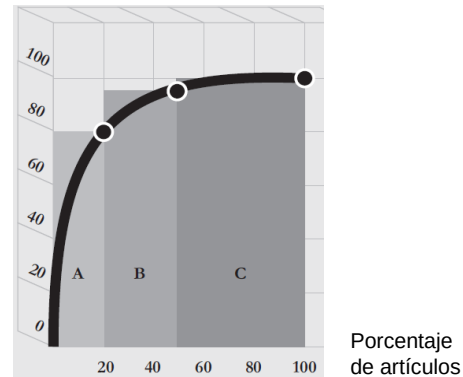


Fig. 2.9 Clasificación ABC (Carro Paz & González Gómez, 2014)

A	B	C
• Productos de alto valor y/o de gran venta, que requieren de mayor atención y cuidado a través de: • Análisis de mercado, de precios y de costos. • Registro y control de inventarios. • Determinación precisa de las exigencias de seguridad. • Aplicación preferencial del análisis de valores.	• Productos de alto valor con ventas moderadas, requieren un tratamiento normal; es decir, una atención ajustada a los requerimientos del negocio.	• Productos de bajo valor y/o poca venta, que deben tratarse según el principio de la simplificación productiva y administrativa y de la reducción de costos. • Requisitos simplificados de inventarios. • Trámites simplificados en el manejo de pedidos y pedidos de grandes cantidades. • Supervisión simplificada de las existencias.

La figura 2.10 muestra los criterios que definen la Clasificación ABC. Es en base a estos criterios que se pueden desarrollar estrategias de administración y control de los inventarios, incluyendo cuánto pedir y la periodicidad de los pedidos o los lotes de producción.

Fig. 2.10 Criterios de para la Clasificación ABC (Carro Paz & González Gómez, 2014)

La clasificación ABC se realiza con base en el producto (Salazar López, Clasificación de inventarios, 2016a), el cual expresa su valor por unidad de tiempo (regularmente anual) de las ventas de cada ítem i , donde:

D_i = Demanda "anual" del ítem i (unidades/año)

v_i = Valor (costo) unitario del ítem i (unidades monetarias/unidad)

$$\text{Valor Total } i = D_i * v_i \text{ (unidades monetarias/año)} \quad (2.1)$$

Antes de aplicar el anterior ejercicio matemático a los productos en inventario, es fundamental establecer los porcentajes que harán que determinadas unidades se clasifiquen en sus respectivas zonas (A, B o C).

Luego de aplicarse las operaciones para determinar el valor de los artículos, de acuerdo con la ecuación (1), se procede a calcular el porcentaje de participación de los artículos, según la valorización.

Una vez valorizado el inventario, se precede a organizar los artículos de mayor a menor según sus porcentajes, ahora estos porcentajes se acumulan. Por último, se

agrupan teniendo en cuenta el criterio porcentual determinado en la primera parte del método. De esta manera quedan establecidas las unidades que pertenecen a cada zona.

Ejemplo (adaptado de Salazar López (2016a)):

Una empresa tiene los siguientes artículos en inventarios:

Artículo	Demanda anual	Valor unitario
1	40	3,750.00
2	200	40.00
3	220	4,315.00
4	235	17.50
5	260	950.00
6	365	40.50
7	405	5.20
8	538	138.50
9	675	1,200.00
10	812	158.00
Total	3,750	10,615

Se desea hacer una clasificación ABC del inventario, tanto por demanda como por valor. El criterio de ubicación es el siguiente:

Ítems Clase A = 74% del total de las ventas

Ítems Clase B = 21% del total de las ventas

Ítems Clase C = 5% del total de las ventas

A fin de determinar qué artículos entran en las diferentes categorías se hace un cálculo de demanda y valor total, mostrado en la siguiente tabla:

Artículo	Demanda anual	Valor unitario en \$	Valor total en \$	% de la demanda	% del valor
1	40	3,750.00	150,000.00	1%	6.28%
2	200	40.00	8,000.00	5%	0.33%
3	220	4,315.00	949,300.00	6%	39.75%
4	235	17.50	4,112.50	6%	0.17%
5	260	950.00	247,000.00	7%	10.34%
6	365	40.50	14,782.50	10%	0.62%
7	405	5.20	2,106.00	11%	0.09%
8	538	138.50	74,513.00	14%	3.12%
9	675	1,200.00	810,000.00	18%	33.92%
10	812	158.00	128,296.00	22%	5.37%
Total	3,750	10,615	2,388,110	100%	100.00%

En base a la tabla anterior, se hacen dos análisis, uno para porcentaje de demanda total y otro para porcentaje del valor total. Los análisis y gráficos se presentan a continuación:

Clasificación ABC por porcentaje de demanda				
Artículo	Demanda anual	% de la demanda	% Acumulado	Tipo
10	812	21.65%	21.65%	A
9	675	18.00%	39.65%	
8	538	14.35%	54.00%	
7	405	10.80%	64.80%	
6	365	9.73%	74.53%	
5	260	6.93%	81.47%	B
4	235	6.27%	87.73%	
3	220	5.87%	93.60%	
2	200	5.33%	98.93%	C
1	40	1.07%	100.00%	
	3,750	100.00%		

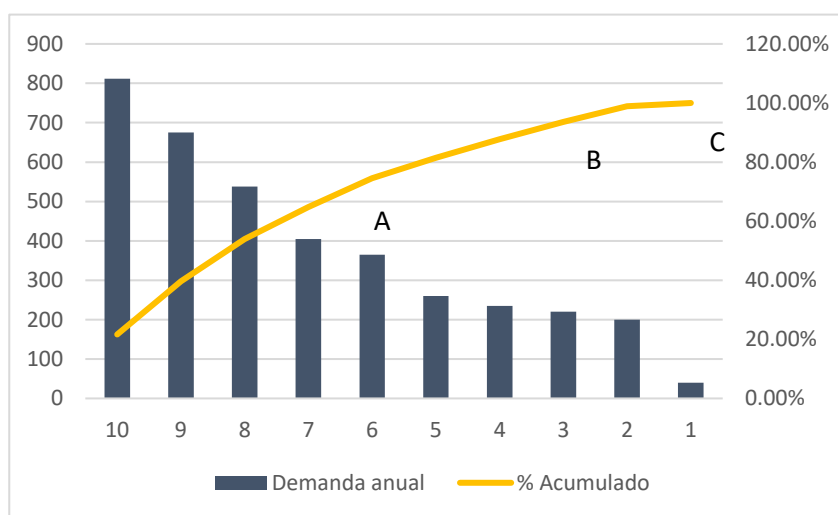


Fig. 2.11 Clasificación ABC por demanda para el ejemplo

Clasificación ABC por valor						
Artículo	Demanda anual	Valor unitario \$	Valor total \$	% del valor	% Acumulado	Tipo
3	220	4,315.00	949,300.00	39.75%	39.75%	A
9	675	1,200.00	810,000.00	33.92%	73.67%	
5	260	950.00	247,000.00	10.34%	84.01%	B
1	40	3,750.00	150,000.00	6.28%	90.29%	
10	812	158.00	128,296.00	5.37%	95.67%	
8	538	138.50	74,513.00	3.12%	98.79%	C
6	365	40.50	14,782.50	0.62%	99.40%	
2	200	40.00	8,000.00	0.33%	99.74%	
4	235	17.50	4,112.50	0.17%	99.91%	
7	405	5.20	2,106.00	0.09%	100.00%	
	3,750	10,615	2,388,110	100.00%		

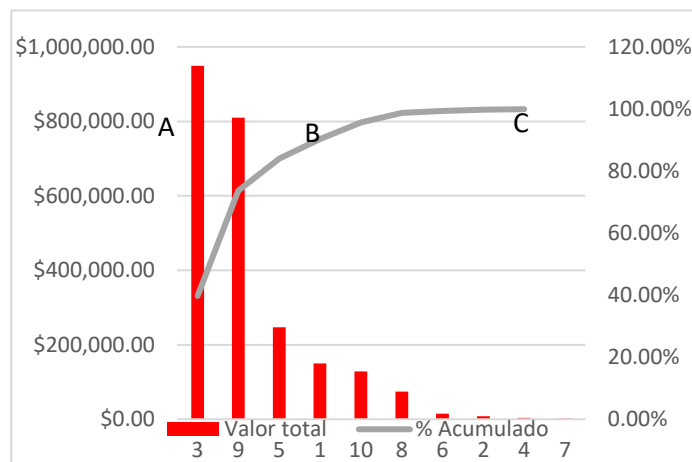


Fig. 2.12 Clasificación ABC por valor para el ejemplo

2.2.2 Kanban

Uno de los objetivos principales, en materia de control de la producción, consiste en alinear los inventarios y el flujo de producto de acuerdo con el comportamiento de la demanda. De acuerdo con esos objetivos surge Kanban como una herramienta de control de materiales y producción.

Kanban es un sistema que controla el flujo de recursos en procesos de producción a través de tarjetas, las cuales son utilizadas para indicar abastecimiento de material o producción de piezas, está basado en la demanda y consumo del cliente, y no en la planeación de la demanda.

“Kan Ban” es una palabra de origen japonés que en sí mismo no significa nada más que “carta”, “documento”, “signo” o “tarjeta”. Sus fundamentos fueron desarrollados

originalmente por Taiichi Ohno en Toyota Motor Corporation en 1947 (Manufactus GmbH, 2019). La idea nace cuando Ohno copia el proceso de rellenado de anaqueles en un supermercado al llenarse el carrito del cliente.

Su significado ha evolucionado hasta convertirse en señal, y se puede definir como un sistema de flujo que permite, mediante el uso de señales, la movilización de unidades a través de una línea de producción mediante una estrategia pull o estrategia de jalonamiento (Salazar López, 2016b).

Un sistema de flujo pull busca optimizar los inventarios y el flujo del producto de acuerdo con el comportamiento real de la demanda. En estos sistemas el proceso logístico inicia con el pedido del cliente, y aunque sea el sistema ideal por optimización de inventarios, conocer la demanda en tiempo real y flexibilizar la cadena para responder a sus necesidades es un proceso sumamente complejo.

El Kanban es un sistema para controlar el flujo de material y la producción de acuerdo con el principio "pull". En Kanban, el orden material es impulsado por el consumo, esto significa sólo el consumo de la producción y el proceso de logística activan los puntos de reorden (Manufactus GmbH, 2019).

Así, el Kanban "jala" el inventario a través de centros de trabajo, utilizando tarjetas para señalar la necesidad de otro contenedor de material. La tarjeta es la autorización para que se produzca el siguiente lote de producción. La figura 2.13 muestra esta actividad. Cada etapa de la producción informa a la etapa anterior de sus necesidades en tiempo real agilizando el proceso pull de producción.

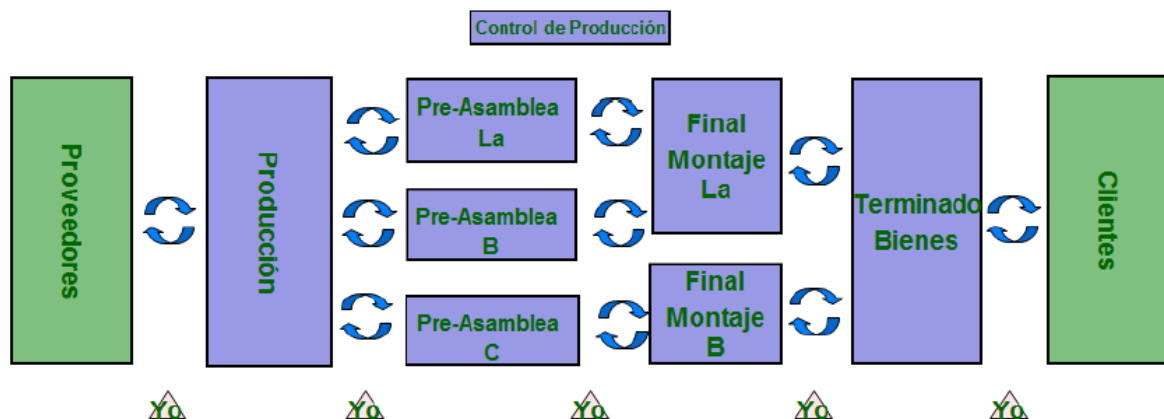


Fig. 2.13 Sistema de Kanban típico (Manufactus GmbH, 2019)

Se utiliza mayormente cuando es necesario estructurar el sistema de control de materiales y administración de la producción (Socconin, 2018), debido a la alta mezcla de productos y a los volúmenes cuando éstos tienden a ser menores. Además, se utiliza cuando se han introducido las variables de disponibilidad de equipo, orden y limpieza, cambios rápidos y lotes de producto mínimos, y las condiciones se prestan para aplicar Kanban.

Los objetivos de implementar Kanban pueden resumirse en (Socconin, 2018):

- Evitar la sobreproducción.
- Permitir trabajar con bajos inventarios.
- Dar certidumbre a los clientes de recibir sus productos a tiempo.
- Permitir fabricar sólo lo que el cliente necesita.
- Proporcionar sistema visual que permite comparar lo que se fabrica, con lo que el cliente requiere.
- Eliminar las complejidades de la programación de la producción

Aunque originalmente el modelo de Kanban utilizado por Toyota tenía dos modelos de Kanban: Kanban de retiro y Kanban de producción, en la actualidad se pueden identificar los siguientes tipos (Manufactus GmbH, 2019):

- Kanban de proveedor o Kanban externo
- Kanban de transporte o reordenación de Kanban
- Kanban de producción o en el área de manufactura
- Kanban de productos terminados
- Kanban de cliente o de centro de distribución.

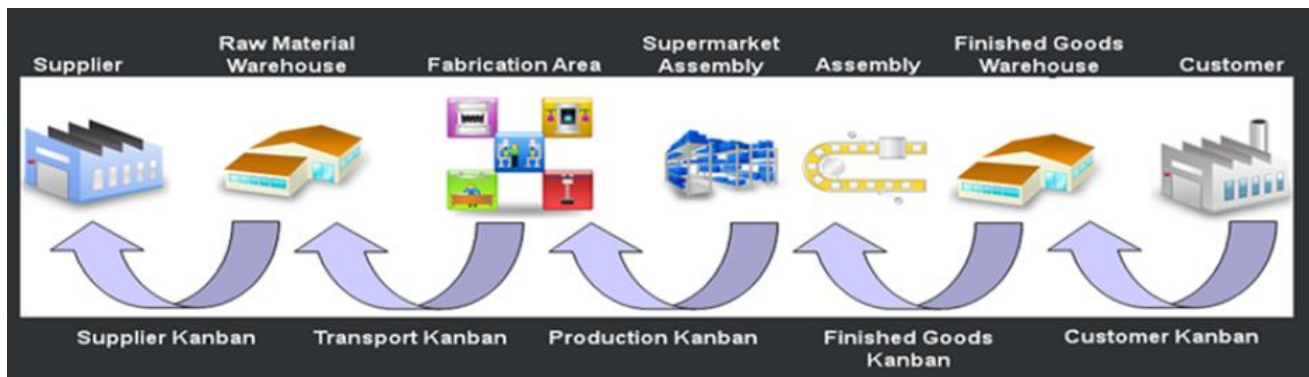


Fig. 2.13 Tipos de Kanban (Manufactus GmbH, 2019)

Un Kanban o tarjeta de retiro especifica la referencia y la cantidad de producto que un proceso debe retirar del proceso inmediatamente anterior, o de su contenedor de producto (pequeños almacenes reguladores entre procesos). Por el contrario, Un Kanban o tarjeta de producción especifica la referencia y la cantidad de producto que un proceso debe producir (Salazar López, 2016b). Las figuras 2.14(a) y 2.14(b) muestran estos Kanban respectivamente.

Proceso anterior:	Pulido de rebaba
Proceso posterior:	Ensamble de suela y capellada
Contenedor:	Almacén proceso 2
Referencia:	F-026-39
Nombre de la pieza:	Suelas de EVA
Tipo de calzado:	Sandalia talla 39 color azul Ref: 26
Capacidad del contenedor:	40 unidades
Tipo de contenedor:	A

(a) Kanban de retiro

Proceso:	Ensamble de suela y capellada
Depositar piezas en:	Almacén proceso 2 (AI-2)
Referencia:	F-026-39
Nombre de la pieza:	Sandalia talla 39 color azul Ref: 26
Cantidad a producir	40 unidades

(b) Kanban de producción

Fig. 2.14 Ejemplos de tarjetas Kanban (Salazar López, 2016b)

De acuerdo con Salazar López (2016b), El funcionamiento del sistema Kanban es relativamente sencillo. El sistema de entrada consta de un tablero en el que se depositan las tarjetas (señales). El tablero se sitúa de manera que el operario lo pueda ver con facilidad desde su posición normal o habitual. Cada tarjeta está asociada a un contenedor o unidad de almacenamiento. En caso de que el contenedor esté vacío, la tarjeta deberá estar en el tablero, en caso contrario y está lleno, la tarjeta deberá acompañar al contenedor. Por otro lado, en caso de que el tablero se encuentre lleno de tarjetas, no quedan piezas en inventario y es importante producir unidades (zona roja del tablero).

Si las tarjetas están en la zona amarilla o verde del tablero, significa que quedan unidades en inventario y que probablemente no sea necesario producir. De manera que, si el proceso proveedor inicia la producción, toma la tarjeta del tablero y la coloca en el contenedor en el que irá depositando las unidades correspondientes al lote. Una vez que analiza, ubica el contenedor en el almacén intermedio. (Salazar López, 2016b).

Acto seguido, el proceso siguiente (o cliente), comienza a consumir las piezas depositadas en el contenedor

del almacén intermedio; una vez consume todas las unidades del contenedor, ubicará la tarjeta que acompaña al mismo, en el tablero de tarjetas, y devuelve el contenedor totalmente vacío. Este ciclo se muestra la figura 2.15.

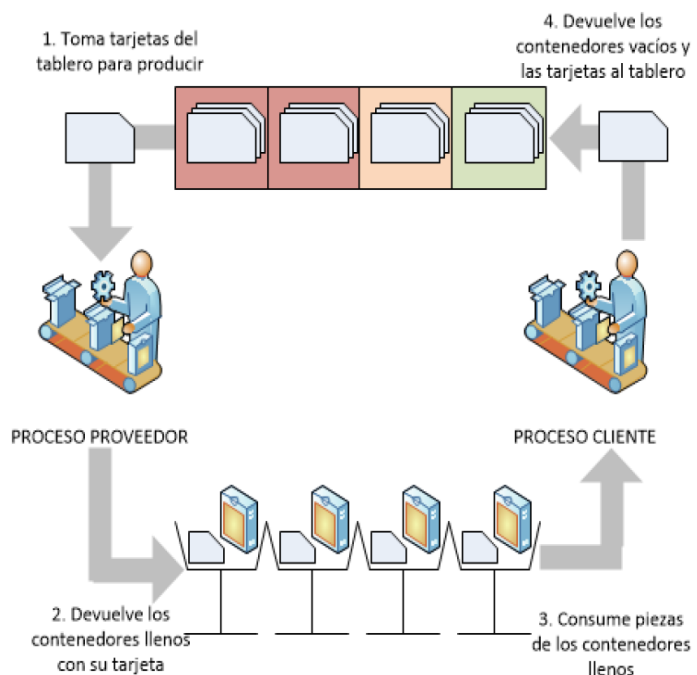


Fig. 2.15 Ciclo Kanban (Salazar López, 2016b)

La cantidad de tarjetas y contenedores entre procesos no se determinan de manera arbitraria, sino en función de los parámetros del sistema de producción. Para adoptar Kanban debe considerarse que la producción debe ser nivelada y mezclada, de manera que casi siempre se deben fabricar los mismos volúmenes. Este sistema no permite variabilidades de más del 15%-20% sin cambiar los parámetros de señalización. En las líneas de producción se fabrica con una mezcla de productos, de manera que pueden utilizarse diferentes rangos de colores por referencia en un mismo tablero, así el operario sabrá que referencia deberá fabricar en cada momento.

El procedimiento para implementar Kanban es sistemático y contempla los siguientes pasos, en los cuales se definen los parámetros del sistema de producción para adoptar la herramienta:

1. Seleccionar los productos que se van a producir mediante Kanban.
2. Calcular la cantidad de piezas por Kanban (tamaño del lote).
3. Escoger el tipo de señal y el tipo de contenedor estándar. El contenedor puede variar por referencia.
4. Calcular el número de contenedores por referencia (curva de producción) y la secuencia pitch o tiempo de producción y empaque de una unidad de producción en su correspondiente unidad .
5. Dar seguimiento (WIP o SWIP).

Para determinar la cantidad de piezas por Kanban, también conocido como Inventario Total Requerido (ITR), se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Piezas por Kanban (ITR)} = D * TE * U * \%VD \quad (2.2)$$

Donde:

- D = Demanda por horizonte de tiempo
TE = tiempo de entrega de las mismas unidades del horizonte de demanda
U = Número de ubicaciones (almacenes intermedios)
%VD = Nivel de variación de la demanda. Es la desviación estándar de la demanda sobre su promedio.

Para determinar el número de contenedores es preciso conocer la capacidad de los contenedores. Una vez determinada la capacidad entonces el número de contenedores se calcula como:

$$\text{Número de contenedores} = \frac{\text{Inventario total requerido}}{\text{Capacidad del contenedor}} \quad (2.3)$$

Ejemplo (Adaptado de Salazar López (2016b):

Mes	Demanda
Enero	1200
Febrero	1500
Marzo	1400
Abril	1800
Mayo	1200
Junio	1600
Julio	1300
Agosto	1500
Septiembre	2000
Octubre	1800
Noviembre	1900
Diciembre	1300

Se desea implementar Kanban entre los procesos A y B de un sistema de producción. Los requerimientos de materiales del proceso B en el último año son los siguientes y se espera utilizar recipientes de 20 unidades. El tiempo de entrega del lote o Kanban es de 1 semana. Se deben calcular las piezas por Kanban y el número de recipientes a utilizar.

Salazar López (2016b) presenta un calculador de Kanban en su sitio web³, la que permite calcular las piezas por Kanban o tanda. La figura 2.16 muestra los resultados obtenidos al aplicar la ecuación 2.3.

Como se puede ver, se necesitarán 21 contenedores para acomodar una producción de 416 por lote en una semana.

CALCULADORA KANBAN	
Unidad de tiempo	Meses
Meses	Demanda
1	1200
2	1500
3	1400
4	1800
5	1200
6	1600
7	1300
8	1500
9	2000
10	1800
11	1900
12	1300
Demanda mensual (promedio)	1542
Tiempo de entrega en Meses	0.23
Número de ubicaciones (Almacenes)	1
Nivel de variación de la demanda	1.1726
Inventario Total Requerido -ITR (Piezas por kanban)	416
Capacidad del contenedor (unidades)	20
Número de contenedores requeridos	21

Fig. 2.16 Calculadora Kanban (Salazar López, 2016b)

Para terminar, si bien muchos autores coinciden en que Kanban es más un sistema de programación visual que de planificación, realmente es un sistema de control de producción diseñado para permitir que el encargado del proceso visualice los requerimientos de producción de una forma flexible y rápida, al mismo tiempo que se asegure de que todas las piezas o suministros son ordenados o producidos solo si es necesario.

2.2.3 Inventarios Justo a Tiempo

El Sistema de Inventarios “Justo a Tiempo”, es tanto una teoría como una técnica, se basa en la idea de que siempre que sea posible no debería producirse ninguna actividad en un sistema hasta que haya una demanda para ello. Está basado en la filosofía Kanban, es un "sistema de tirón" o “pull”, impulsado por la demanda en el

³ <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/calculadoras/calculadora-kanban/>

punto más bajo de la cadena. Cuando se produce o fabrica, el objetivo es producir solo aquellas cantidades necesarias para la demanda inmediata.

El inventario justo a tiempo consiste en una filosofía empresarial que tiene por finalidad eliminar todo aquello que represente desperdicio en las actividades de compras, fabricación y distribución en una empresa y define la forma en que debería optimizarse un sistema de producción o ventas. Se trata de entregar bienes de manera justo a tiempo, para evitar acumulaciones o inventarios innecesarios. Esto significa que la organización solo produce o compra la mercancía que ha sido comprometida. Es como si la producción o ventas de la empresa se limitaran a la cantidad solicitada (Duran Croussett, 2013).

El método de inventario justo a tiempo se considera un enfoque "pull" en la fabricación. Cuando las actividades de ventas garantizan una mayor producción, el inventario se "tira" y más suministros de fabricación se piden. El resultado es un flujo suave de la producción y reducción de los costos de inventario. Este método se basa en señales dadas en diferentes puntos en el proceso de producción que le indican al fabricante cuándo hacer la siguiente parte. El agotamiento de stock señala el orden de las piezas nuevas. El método justo a tiempo es utilizado por los principales fabricantes de automóviles, como Toyota, que se aprovechan de los sistemas de la línea de montaje sincronizados (Hunt, 2017).

Una de las principales ventajas del sistema de gestión de inventario justo a tiempo es que los dineros que fueron atados en los costos de inventario pueden ser utilizados en otros lugares (Hunt, 2017) (Duran Croussett, 2013). Además, las áreas dedicadas a almacenar inventario son ahora libres para ser utilizados en la producción o para otras necesidades de la empresa. Menos residuos y menores costos de inventarios resultan en aumento de los beneficios para la organización.

El método justo a tiempo no funciona para todas las empresas. No todo proveedor o fabricante tiene el lujo de pedir sólo los materiales que necesitan para completar un orden específico. Una empresa debe tener en cuenta las posibles variables en el proceso de fabricación (como el mal tiempo que retrasa la recepción de materiales de inventario, huelgas o escasez de suministro) antes de decidir si este método de inventario es el adecuado para su organización (Hunt, 2017) (Duran Croussett, 2013).

Los métodos justo a tiempo tienen un impacto directo en algunos aspectos de la organización, entre ellos en los costos de almacenamiento, en la administración de la cadena de suministros y en la satisfacción del cliente.

El Justo a Tiempo tiene cuatro objetivos esenciales, los que se muestran en la figura 2.17:

- Poner en evidencia los problemas fundamentales
- Eliminar despilfarros.
- Buscar simplicidad.

- Diseñar sistemas para identificar problemas.

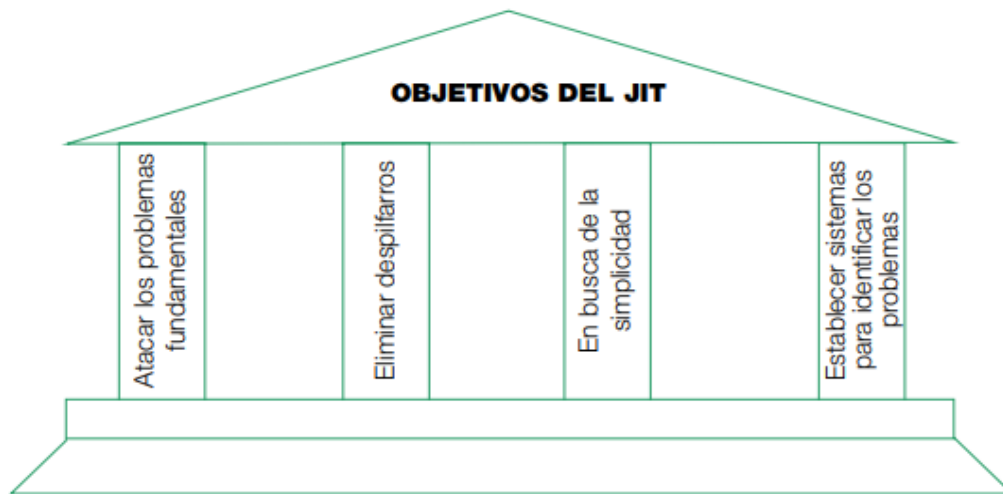


Fig. 2.16 Objetivos del Justo a Tiempo
http://www.ub.edu/qidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf

Para describir el primer objetivo de la filosofía JIT los japoneses utilizan la analogía del “río de las existencias”. El nivel del río representa las existencias y las operaciones de la empresa se visualizan como un barco. Cuando una empresa intenta bajar el nivel del río, en otras palabras, reducir el nivel de las existencias, descubre rocas, es decir, problemas. Hasta hace bastante poco, cuando estos problemas surgían en algunas empresas, la respuesta era aumentar las existencias para tapar el problema.

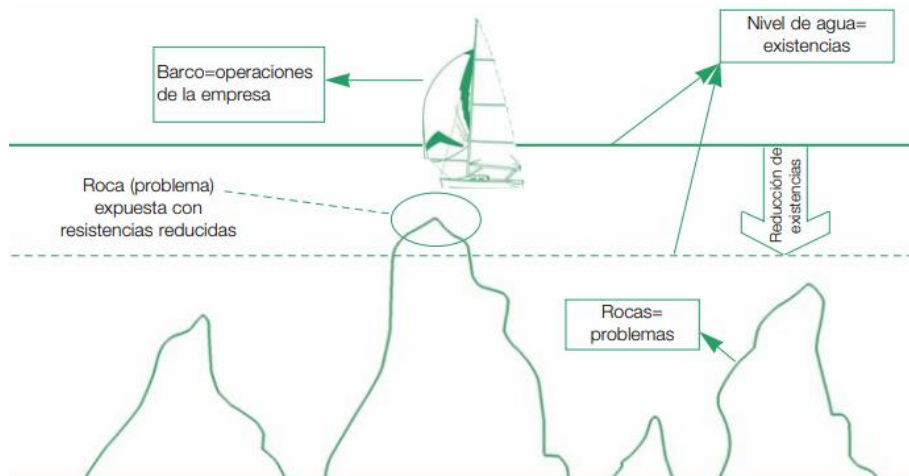


Fig. 2.17 Río de las existencias
http://www.ub.edu/qidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf

Cuadro 2.1 Problemas y enfoques para su solución
(http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf)

PROBLEMA (ROCAS)	SOLUCIÓN TRADICIONAL	SOLUCIÓN JIT
• Máquina poco fiable • Zonas con cuellos de botella • Tamaños de lote grandes • Plazos de fabricación largos • Calidad deficiente	• Stock de seguridad grande • Programación mejor y más compleja • Almacenar • Acelerar algunos pedidos en base a prioridades • Aumentar los controles	• Mejorar la fiabilidad • Aumentar la capacidad y la polivalencia de los operarios y máquinas • Reducir el tiempo de preparación • Reducir esperas, etc., mediante sistema de arrastre • Mejorar los procesos y/o proveedores

El cuadro 2.1 presenta algunos casos ejemplos de tipos de problemas en la línea de producción o en la cadena de suministros, su posible solución tradicional y el enfoque Justo a Tiempo para resolverlos. Desde este último punto de vista, se utiliza un enfoque que busca aumentar la eficiencia de los procesos, no solo eliminar los problemas. Así, se busca eliminar el desperdicio, lo que implica eliminar todas las actividades que no añaden valor al producto con lo que se reduce costes, mejora la calidad, reduce los plazos de fabricación y aumenta el nivel de servicio al cliente⁴.

En otras palabras, en Justo a Tiempo se quiere:

- Hacerlo bien a la primera.
- El operario asume la responsabilidad de controlar, es decir, el operario trabaja en autocontrol.
- Garantizar el proceso mediante el control estadístico (SPC).
- Analizar y prevenir los riesgos potenciales que hay en un proceso.
- Reducir inventarios al máximo.

Todo lo anterior está orientado a buscar la simplicidad. El Justo a Tiempo pone mucho énfasis en la búsqueda de la simplicidad, basándose en el hecho de que es muy probable que los enfoques simples conlleven una gestión más eficaz.

La simplificación de los procesos puede verse desde dos puntos de vista:

- Flujo de materiales o productos
- Control de las líneas de flujo de materiales o productos.

De acuerdo con Salazar López (2016b), un enfoque simple respecto al flujo de material es eliminar las rutas complejas y buscar líneas de flujo más directas, si es posible unidireccionales. Otro es agrupar los productos en familias que se fabrican en una línea de flujo, con lo que se facilita la gestión en células de producción". En

⁴ http://www.ub.edu/gidea/recursos/casseat/JIT_concepte_carac.pdf

el caso del control de las líneas de flujo de materiales o productos, Justo a Tiempo utiliza herramientas que ayudan a simplificar los procesos y a minimizar los inventarios en proceso. Un ejemplo es el sistema Kanban, que fue explicado en la sección anterior.

Finalmente, con el Justo a Tiempo cualquier sistema que identifique los problemas se considera beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial. Esta identificación se ve orientada por (Duran Croussett, 2013):

- La necesidad de establecer mecanismos para identificar los problemas
- Estar dispuestos a aceptar una reducción de la eficiencia a corto plazo con el fin de obtener una ventaja a largo plazo.

La implantación del sistema Justo a Tiempo se puede dividir en cinco etapas, mostradas en la figura 2.18.

- Primera fase: cómo poner el sistema en marcha Esta primera fase establece la base sobre la cual se construirá la aplicación. La aplicación del Justo a Tiempo exige un cambio en la actitud de la empresa, y esta primera fase será determinante para conseguirlo. Para ello será necesario dar los siguientes pasos:
 - Comprensión básica.
 - Análisis de coste/beneficio.
 - Compromiso. Decisión si/no para poner en práctica el JIT.
 - Selección del equipo de proyecto para el JIT.
 - Identificación de un proyecto piloto.

- Segunda fase: mentalización, clave del éxito Esta fase implica la educación de todo el personal. Se le ha llamado clave del éxito porque si la empresa escatima recursos en esta fase, la aplicación resultante podría tener muchas dificultades. Un programa de educación debe conseguir dos objetivos:

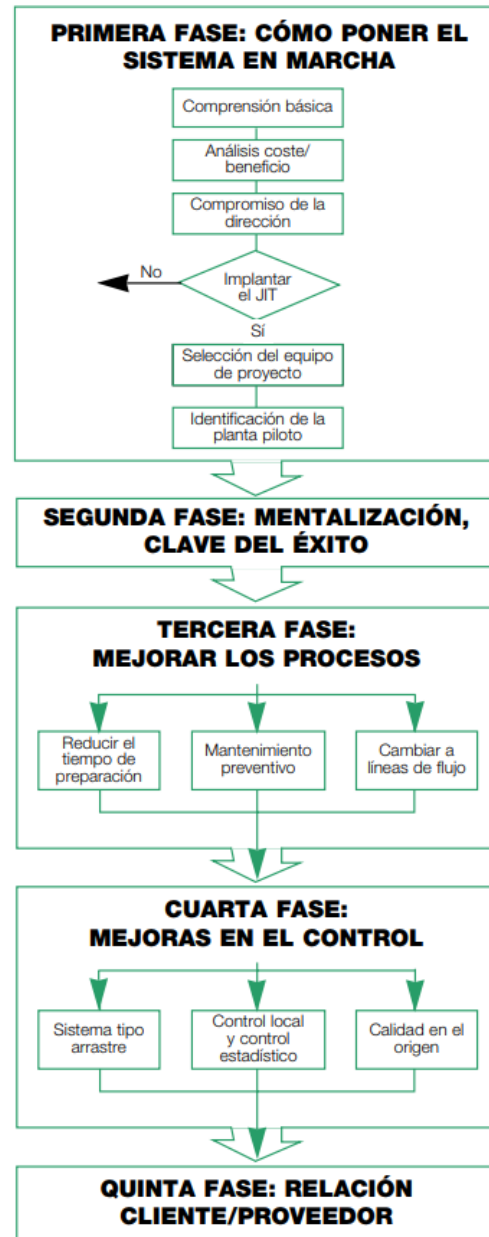


Fig. 2.18 Implantación del Justo a Tiempo

http://www.ub.edu/gidea/recursos/casemat/JIT_concepte_carac.pdf

- Debe proporcionar una comprensión de la filosofía del JIT y su aplicación en la industria.
- El programa debe estructurarse de tal forma que los empleados empiecen a aplicar la filosofía JIT en su propio trabajo.

No se debe confundir esta etapa de la educación con la formación. Educación significa ofrecer una visión más amplia, describir cómo encajan los elementos entre sí. La formación, en cambio, consiste en proporcionar un conocimiento detallado de un aspecto determinado.

- Tercera fase: mejorar los procesos El objetivo de las dos primeras fases es ofrecer el entorno adecuado para una puesta en práctica satisfactoria del JIT. La tercera fase se refiere a cambios físicos del proceso de fabricación que mejorarán el flujo de trabajo. Los cambios de proceso tienen tres formas principales:
 - Reducir el tiempo de preparación de las máquinas.
 - Mantenimiento preventivo.
 - Cambiar a líneas de flujo
- Cuarta fase: mejoras en el control. La forma en que se controle el sistema de producción o distribución determinará los resultados globales de la aplicación del JIT. El principio de la búsqueda de la simplicidad proporciona la base del esfuerzo por mejorar el mecanismo de control de de producción o distribución:
 - Sistema tipo arrastre.
 - Control local en vez de centralizado.
 - Control estadístico del proceso.
 - Calidad en el origen (autocontrol, programas de sugerencias, etc.).
- Quinta fase: relación cliente-proveedor. Constituye la fase final de la aplicación del JIT. Hasta ahora se han descrito los cambios internos cuya finalidad es mejorar los procesos de producción o distribución. Para poder continuar el proceso de mejora se debe integrar a los proveedores externos y a los clientes externos. Esta quinta fase se debe empezar en paralelo con parte de la fase 2 y con las fases 3 y 4, ya que se necesita tiempo para discutir los requisitos del JIT con los proveedores y los clientes, y los cambios que hay que realizar requieren tiempo.

Es importante la selección de proveedores en base a criterios logísticos (entre otros). Con el JIT, el resultado neto es un aumento de la calidad, un suministro a más bajo coste, entrega a tiempo, con una mayor seguridad tanto para el proveedor como para el cliente

El modelo de inventario justo a tiempo permite que las empresas reduzcan sus gastos generales y garanticen siempre que las partes estén disponibles para fabricar sus productos. Muchas compañías, incluyendo Dell y McDonald's, usan algún tipo de administración de inventario justo a tiempo para servir mejor a sus clientes y al mismo tiempo reducir el costo de hacer negocios (Conrad, 2015).

La implementación del modelo de gestión de inventarios justo a tiempo puede permitir a las compañías dar un servicio más rápido y más eficiente a sus clientes.

Con un trabajo en equipo que incorpore proveedores de confianza, se puede rebajar la cantidad de materias primas, respecto a los artículos terminados, podemos decir que, si se abastecen con rapidez, se reduce el costo de quedarse sin existencias y de la misma manera se reduce los inventarios de este tipo.

A través de este sistema los inventarios son reducidos al mínimo en virtud de que los inventarios son adquiridos e incorporados al almacén o producción justo en el momento en que se requieren. Con este método se ahorran cantidades de almacenaje, seguros, etc.

Finalmente, este sistema rompe con el concepto convencional de mantener grandes inventarios. Sin embargo, para su implantación se requiere que la administración determine en forma rápida y veraz las cantidades a solicitar al proveedor y que requerirá para sus ventas o producción. También requiere de modificar los procedimientos, productos y equipo para reducir tiempo y costos de ensamble.

2.3. Inventario de ciclo

Uno de los principales objetivos de la Administración de Inventarios es ayudar a contestar las preguntas de cuánto, cuándo y cada cuánto tiempo comprar (Watson, 2019).

Muchas veces no tiene sentido producir o comprar materiales al mismo ritmo en que son solicitados, o no tiene ningún sentido producir o comprar artículos a medida que vayan siendo demandados. En estos casos se lanza una orden de pedido de un tamaño superior a las necesidades del momento, dando lugar a un inventario que es consumido a lo largo del tiempo.

Este inventario recibe el nombre de inventario de ciclo, ya que se presenta periódicamente dando lugar a una pauta de comportamiento cíclico, tal y como lo muestra la figura 2.19.

El objetivo principal del inventario de ciclo es el de minimizar la suma de los costos de pedidos y de almacenaje de un artículo. El proceso del manejo de inventario subdivide el inventario en numerosas categorías. El inventario de ciclo está entre las partes más

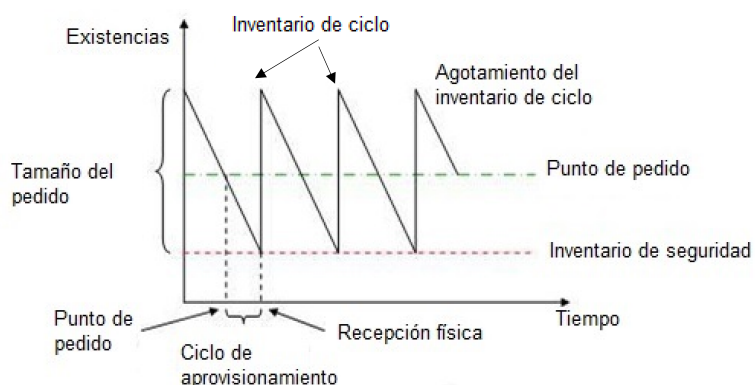


Fig. 2.19 Comportamiento del inventario de ciclo
(adaptado de Carro Paz & González (2014))

importantes de un inventario general dado que es el primer lugar del que vendrán las compras del cliente (Hartman, 2018).

El inventario de ciclo es la porción del inventario que un vendedor rota para satisfacer las órdenes de ventas regulares. Es parte de un inventario a la mano, que incluye todos los artículos que la empresa tiene. Por ejemplo, el inventario a la mano de un vendedor de menudeo podría incluir los artículos en las repisas de la tienda, así como la mayoría de aquellos que se encuentran en el cuarto de almacenamiento o área de almacén. Con el tiempo, el inventario de ciclo se refresca a sí mismo, o se voltea, mientras los nuevos artículos reemplazan a los viejos que son vendidos.

El inventario de ciclo juega un rol muy importante en la cadena de suministros. Si se define el tamaño de lote o tamaño de pedido como la cantidad que una etapa de una cadena de suministro produce o compra o produce una vez. El inventario de ciclo será el promedio en una cadena de suministros debido a la producción o compra de lotes más grandes que los demandados por el cliente.

Si D es la demanda por unidad de tiempo de un producto o servicio dado y Q es el tamaño del lote o pedido, es posible ver que la figura 2.17 que el inventario promedio o inventario de ciclo del producto se podrá expresar como (Chopra & Meindl, 2016):

$$\text{Inventario de ciclo} = \frac{\text{tamaño de lote}}{2} = \frac{Q}{2} \quad (2.4)$$

Adicionalmente, los tamaños de lote y el inventario del ciclo también se incluyen en el tiempo de flujo de material dentro de la cadena de suministros. Recordando la ecuación 1.1:

$$\text{Tiempo de flujo promedio} = \frac{\text{Inventario promedio}}{\text{Tasa de flujo promedio}} \quad (2.5)$$

Bajo el supuesto de que para cualquier cadena de suministros la tasa de flujo promedio es igual a la demanda D (Chopra & Meindl, 2016), entonces:

$$\text{Tiempo de flujo del inventario de ciclo} = \frac{\text{Inventario de ciclo}}{\text{Tasa de flujo promedio}} = \frac{Q}{2D} \quad (2.6)$$

Así, cuanto mayor sea el tamaño del inventario de ciclo mayor será el tiempo necesario para recibir el nuevo pedido o producir el nuevo lote.

La cantidad de un inventario de ciclo es equivalente al inventario total a la mano menos el inventario de seguridad (Chopra & Meindl, 2016). Un inventario de seguridad tiene la intención de cubrir las variaciones de la demanda, mientras que el inventario de ciclo cubre la mayoría de las compras. Calcular un inventario de seguridad apropiado es mucho más complejo porque envuelve variables como los

cambios en la demanda, la cantidad de tiempo que requiere recibir nuevo inventario después de colocar una orden y la tasa de relleno de inventario deseado.

En un negocio que no tenga inventario de seguridad, el inventario de ciclo de almacén es la misma cantidad del inventario a mano, lo que no incluye el inventario que ha sido pagado, pero aún no ha llegado (Carro Paz & González Gómez, 2014).

El inventario de ciclo sirve una función importante en la contabilidad de la empresa. Mientras el negocio vende su inventario de ciclos y lo resurte, su afectivo fluye en las cuentas para el ingreso que recibe y los pagos que hace. El inventario del ciclo también es parte de los activos totales de la compañía en su balance general. Para determinar el costo del inventario del ciclo se podrá aplicar alguna de las técnicas que se comentaron en el primer capítulo de este documento.

Por lo tanto, el inventario de ciclo representa la porción del inventario que un negocio puede vender y resurtir de acuerdo con un plan, sin tener que utilizar su inventario de seguridad. Las épocas de alta demanda sostenida piden incrementos en el inventario de ciclo para evitar quedarse sin bienes, lo que puede ocurrir cuando no es suficiente el inventario de ciclo o el inventario de seguridad para cumplir con la demanda de los clientes.

Quedarse sin bienes es costoso porque representa pérdidas de ventas y falla en el manejo del inventario. Mantener el inventario de ciclo tan bajo como sea posible ahorra dinero en costos de envío y almacenaje, que es otro papel clave del manejo de inventario en un negocio (Hartman, 2018).

Un obstáculo común al determinar las políticas de inventario en la práctica es la estimación de los diferentes costos asociados a los inventarios, estimando costos con un análisis de como pueden cambiar las decisiones en función de los costos, más que en valores exactos, ya que la robustez de los modelos a ver permite una aproximación rápida que indica posibles cursos de acción.

El precio promedio pagado por unidad comprada es un costo clave en la decisión del tamaño del inventario de ciclo. Un comprador puede aumentar el tamaño del lote si esta acción se traduce en una reducción del precio pagado por unidad comprada. Este precio es conocido como costo de material o costo de venta del producto y se denotará como C_u .

Para entender el significado de los costos del inventario de ciclo en la cadena de suministro, es necesario entender el compromiso entre los costos fijos de pedido (o, de producción, en caso de manufactura) y los costos de mantener el inventario. En otras palabras, a mayor cantidad de inventario, menores costos globales de pedir, pero mayores costos de mantener

Tal y como se ve en la figura 2.20, a medida que el tamaño del pedido (o el lote) aumenta, los costos fijos prorrateados entre las unidades van disminuyendo, pero el costo de mantener inventarios aumenta. Como se verá más adelante, se busca entonces tamaño de inventario que minimice el costo total de pedir y mantener esos inventarios.

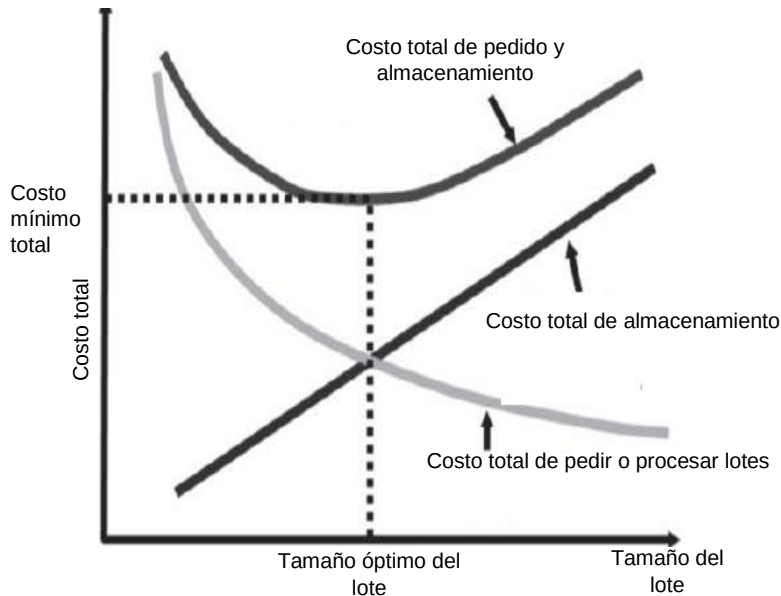


Fig. 2.20 Compromiso entre los costos de pedir y almacenamiento. Adaptado de Zapata y Cortés (2014)

Los costos que componen el costo del inventario son aquellos derivados de la gestión de mantener producto en el almacén y se dividen en tres componentes (Martín-Andino, 2006):

- **Costo de las órdenes de reposición o de ordenar.** Este costo engloba todos aquellos gastos realizados por la empresa para conseguir el producto. Algunos de ellos son las gestiones hechas para la selección de los proveedores, personal, gastos de papeleos y llamadas telefónicas, controles para verificar la calidad y cantidad del producto, fletes, transportes, desembalado, colocaciones, etc. Normalmente se considera un costo fijo de pedido C_p , e incluye todos los costos que no varían con el tamaño del pedido o lote, pero en los cuales se incurre cada vez que hay un pedido. (Watson, 2019).
- **Costo de mantener el producto almacenado.** También denominado Costo de Mantenimiento. Hace referencia a todos los gastos asociados a mantener los stocks en la bodega de la organización. Los principales componentes del costo de mantener inventario son (Zapata Cortés, 2014):
 - El Capital: Hace referencia a la pérdida de valor de los materiales con respecto al tiempo.
 - Impuestos: Son los gastos en impuestos que debe incurrirse por adquirir y por tener el inventario.
 - Seguro: Todos aquellos valores que debe pagar la empresa con respecto a los materiales por efecto de deterioro, accidentes, pérdida, entre otros.
 - Obsolescencia: Este valor corresponde a la pérdida de la mercancía cuando el tiempo de vida del producto ha caducado.

- Almacenamiento: los costos de almacenamiento incluyen los costos operativos que se incurren por guardar los materiales en el almacén. El costo de retención o mantenimiento del producto en inventario es el costo de mantener una unidad en inventario por un período determinado de tiempo. Incluye aspectos tales como el costo de capital, costo de almacenamiento y espacio físico, costos de obsolescencia y daños, entre otros. Este costo se denomina H o C_h y se mide en unidades monetarias/unidad/año. Este costo puede presentarse como un valor unitario, o como un porcentaje h del costo del producto, tal que:

$$C_h = hC \quad (2.5)$$

Los principales costos de almacenamiento son:

- Costo del espacio.
- Costo de mano de obra.
- Costo de energía.
- Costo de Infraestructura.

Algunos autores sugieren que el costo de mantener inventario es alrededor del 25% de su valor anual (Zapata Cortés, 2014) y los componentes típicos de este se distribuyen como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Componentes típicos del costo de mantener los inventarios

Concepto	% Promedio	Rangos
Costo de Capital	10%	4 - 40%
Impuestos	1%	0.5 – 2%
Seguro	0.5%	0 – 2%
Obsolescencia	1.2%	0.5 – 2%
Almacenamiento	2%	0 – 4%
Totales	14.25%	4 – 50%

Fuente: (Zapata Cortés, 2014)

- **Costos de ventas perdidas:** son aquellos costos relacionados a la falta de un producto en inventario y se pueden considerar de dos tipos: cliente o venta perdida y de reputación. Estos costos se toman en cuenta en el caso de que la empresa tenga la política de aceptar pedidos por faltantes, cuando estos productos tienen muy altos costos de mantenimiento o la empresa no tiene competencia.

La figura 2.21 muestra la taxonomía de los costos relacionados a los inventarios, presentando una clasificación simple y tal vez no integral, pero si tratando de abarcar la mayor parte de los conceptos de costos relacionados

De acuerdo con Chopra y Meindl (2016), el inventario de ciclo se mantiene para tomar ventajas de las economías de escala y para reducir los costos dentro de la cadena de suministros. Su principal objetivo es permitir que las diferentes etapas de una cadena de suministro compren productos en tamaños que minimicen los costos totales del inventario. Las economías de escala, a su vez, son explotadas en las diferentes etapas de la cadena de suministros dadas varias posibles situaciones, entre ellas:

- El costo fijo en el que se incurre cada vez que se coloca o produce un pedido.
- Los descuentos ofrecidos por el proveedor por el tamaño del lote comprado.
- Descuentos y promociones por compra y pago a corto plazo.
- Los costos de almacenar o mantener inventarios y costos de oportunidad del inventario parado.

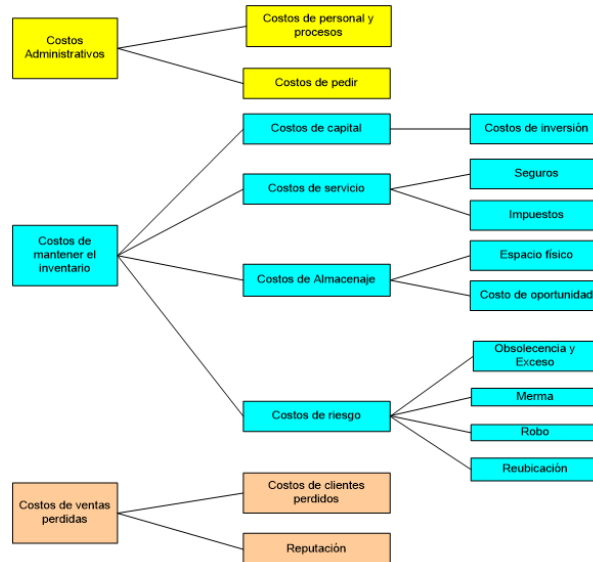


Figura 2.21. Taxonomía de costos de inventario.
Adaptado de Caldentey (Caldentey & Pizarro, s. f.)

2.4 Inventarios de Seguridad

El inventario de seguridad es una cantidad de mercancía que busca evitar problemas en el servicio al cliente y ahorrarse los costos ocultos por concepto de agotados, estableciendo una determinada cantidad de mercancía en el almacén como inventario de seguridad. Ese inventario es una protección contra la incertidumbre de la demanda, del tiempo de entrega y de la escasez. Este inventario es realmente útil cuando los proveedores no entregan la cantidad deseada, en la fecha convenida y con una calidad aceptable, o bien, cuando en el proceso de producción se generan desperdicios o reprocesos. El inventario de seguridad garantiza que la operación fluya normalmente (Zapata Cortés, 2014).

Las causas que hacen necesario un inventario de seguridad son (Martín-Andino, 2006):

- La demanda no es exactamente predecible: En la mayoría de los casos la gestión de almacenes se enfrenta con una demanda irregular de la que

solamente se conoce su comportamiento histórico. No se conoce con exactitud cuándo ni en qué cantidad se demandará un producto.

- Los proveedores no tienen un comportamiento regular en sus entregas. Lo que significa que se producen una o varias de las causas siguientes:
 - Los plazos de suministro no son exactamente predecibles.
 - Las cantidades suministradas no se ajustan a lo solicitado.
 - La calidad de lo suministrado no está en las tolerancias definidas.

De acuerdo con Martín-Andino (2006), afortunadamente, y sobre todo en mercados competitivos, lo usual es que la demanda del mercado sea la única causa de los fallos en los suministros, por lo que es posible afirmar que en las economías competitivas los fallos de los proveedores son los menos, pues por propio interés se tiende a cumplir con los compromisos, por lo que puede suponerse que la única variable aleatoria es la demanda, dando por hecho que el proveedor cumple perfectamente sus compromisos.

El mismo autor (Martín-Andino, 2006), afirma que en función al comportamiento del inventario de ciclo, una vez las existencias han caído por debajo del punto de pedido, la administración se enfrenta con la decisión de ordenar al proveedor una cierta cantidad de producto para reponer las existencias, pero se encuentra con el problema de no conocer con exactitud cuántas unidades ha de reponer, porque la demanda futura cambia aleatoriamente.

Esta cantidad solicitada para reponer las existencias puede ser insuficiente, si los clientes demandan otra mayor que lo esperado; por el contrario, si demandan menos, se acumularán existencias en el almacén. Ninguno de los dos casos es deseable, pero deberemos evitar que suceda lo primero y atenuar lo segundo, fundamentalmente por dos razones: porque la ausencia de inventarios, o ruptura de los inventarios, es un costo a veces excesivo para la empresa y porque la esencia de los almacenes es tener producto suficiente para abastecer la demanda.

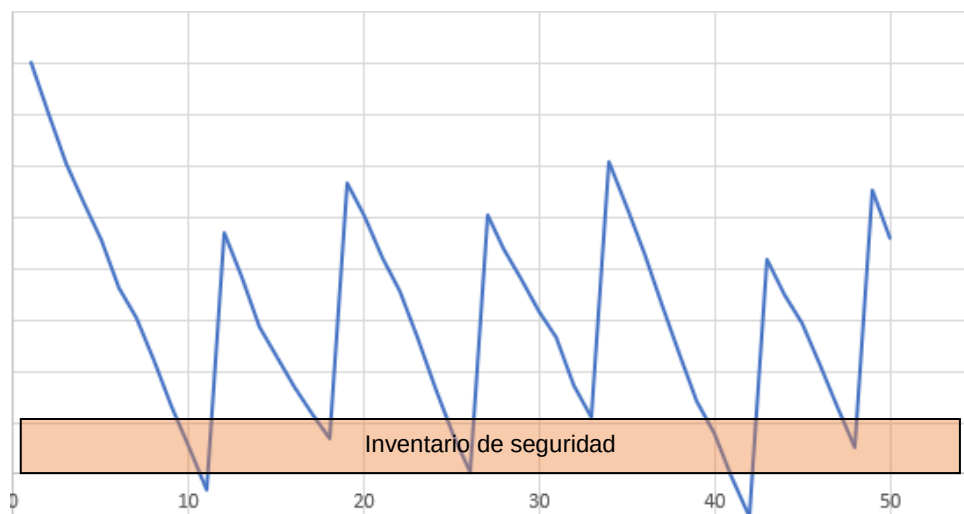


Figura 2.22. El inventario de seguridad. Adaptado de Martín-Andino (2006)

En la figura 2.22 se puede ver el objetivo del inventario de seguridad. Se pueden apreciar seis ciclos de inventario. En el segundo y sexto ciclos las existencias no han sido suficientes para abastecer a la demanda e incluso han quedado por debajo del nivel de seguridad; lo mismo ocurre con el quinto ciclo, mientras en los ciclos dos, cuatro y seis quedaron justo al nivel del inventario de seguridad. Finalmente, en el tercer ciclo se pudo completar la demanda utilizando todo el inventario de seguridad. Los ciclos primero y quinto muestran una ruptura del ciclo de inventario, al tener un déficit en las unidades despachadas. De acuerdo con dicha figura, es posible ver que en dos de los seis ciclos hubo ruptura en el ciclo de inventario, lo que representa un nivel de servicio del 67%, o sea, un 67% del tiempo se satisfizo la demanda.

A mayor nivel de servicio, mejor calidad y será necesario más cantidad de producto en el inventario de seguridad, por lo que, para determinar el inventario de seguridad, es requisito previo fijar el nivel de servicio.

También el inventario de seguridad dependerá del comportamiento de la demanda de mercado. Una demanda con tendencia muy estable, correspondiente a una venta en cantidad casi constante, hará innecesario el stock de seguridad; por el contrario, una venta con tendencia muy cambiante creará una incertidumbre mayor en el futuro y necesitará apoyarse en un inventario de seguridad mayor.

Entonces, es posible afirmar que el tamaño de un inventario de seguridad estará condicionado por tres factores: el nivel de servicio, la variabilidad de la demanda y el plazo de entrega de los proveedores. Dependiendo del método de reposición, basado en la cantidad, o basado en el tiempo, las fórmulas de cálculo son diferentes (Martín-Andino, 2006).

Son varios los aspectos a tener en cuenta a la hora de realizar el cálculo del inventario de seguridad:

- El plazo que tiene la empresa a la hora de entregar los pedidos.
- La desviación estándar en el plazo de entrega de pedidos.
- Demanda de inventario de seguridad y su desviación.
- Tasa de servicio prestado que se desea alcanzar.

Dependiendo del método de reposición, basado en la cantidad, o basado en el tiempo, las fórmulas de cálculo son diferentes. En el caso del cálculo del inventario de seguridad en función a la variación de la demanda, el inventario se determinará como sigue:

$$I.S. = z_{\alpha} \sigma_d \sqrt{t_i} \quad (2.6)$$

Donde:

- z_{α} es la variable normalizada para un nivel de servicios α .

- σ_d es la desviación estándar de la diferencia entre la demanda real y la pronosticada.
- t_r es el tiempo de reorden o tiempo en que se presume se reabastecerá el inventario.

En el caso del inventario de tiempo basado en tiempo de reposición del inventario, la ecuación será:

$$I.S. = (PME - PE) * DM \quad (2.7)$$

Donde:

- PME es el plazo máximo de entrega en el que el proveedor haga llegar el producto suponiendo que hubiera un retraso.
- PE es el plazo de entrega normal en el que el proveedor nos envía la mercancía en circunstancias normales.
- DM es la demanda media que se ha calculado para ese producto determinado en una situación de normalidad.

Referencias

- Alvarez, H. R. (2008). *Apuntes del curso de Sistemas de Información y Logística Gerencial*. Panama: Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá (no publicado).
- Caldentey, E., & Pizarro, C. (s. f.). *Universidad Autónoma Metropolitana*. Obtenido de <https://www.azc.uam.mx/alumnos/tradeoff/docu/adm.pdf>
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2014). *Gestión de Stocks . Apunte de estudio*. Mar del Plata, Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Administración de la Cadena de Suministro. Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson.
- Conrad, B. (2015). *La FVoz de Houston*. Recuperado el 10 de abril de 2019, de Las ventajas de los sistemas de inventario justo a tiempo: <https://pyme.lavoztx.com/las-ventajas-de-los-sistemas-de-inventario-justo-tiempo-5915.html>
- Duran Croussett, N. (22 de febrero de 2013). *Inventarios Justo a Tiempo*. Recuperado el 10 de abril de 2019, de <https://www.eoi.es/blogs/mintecon/2013/02/22/inventario-justo-a-tiempo/>
- Hartman, D. (de de 2018). *¿Qué es el inventario de ciclo de almacén?* Recuperado el 4 de abril de 2019, de La Voz de Houston: <https://pyme.lavoztx.com/qu-es-el-inventario-del-ciclo-de-almacn-8149.html>
- Hunt, J. (de de 2017). *La Voz de Houston*. Recuperado el 10 de abril de 2019, de El método "justo a tiempo": <https://pyme.lavoztx.com/el-mtodo-justo-tiempo-9017.html>
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). The Bullwhip Effect in Supply Chains. *MIT Sloan Management Review*, 38(3), 93-102.
- Machuca, J., García González, S., Domínguez Machuca, M., Ruiz Jiménez, A. &, & Álvarez Gil, M. (1995). *Dirección de operaciones : aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.
- Manufactus GmbH. (4 de 4 de 2019). *Sistema Kanban y Control de inventario Pull*. Obtenido de Manufactus GmbH, Manufacturing Solutions: <https://www.kanban-system.com/es/sistema-kanban-y-control-de-inventario-pull/>
- Martín-Andino, R. (2006). *Gestión de Inventarios y Compras*. España: EOI, Escuela de Negocios.

- Mejía, J. C., Palacio, Ó., & Wilson, J. (2014). Efecto Látigo en la Planeación de la Cadena de Abastecimiento, Medición y Control. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 32(2), 37-54.
- Muller, M. (2011). *Essentials in Inventory Management*. Broadway, New York, United States: AMACOM.
- Rodrigue, J.-P., Comptois, C., & Slack, B. (2017). *The Geography of Transport Systems*. Londres, Inglaterra, Gran Bretaña: Routledge.
- Romero R., D., Aguirre A., R., Polo O., S., & Daza-Escorcia, J. M. (2016). Medición del efecto látigo en redes de suministro. *INGENIARE, Universidad Libre - Barranquilla*, 12(20), 13-32.
- Salazar López, B. (2016a). *Clasificación de inventarios*. Recuperado el 7 de abril de 2019, de Ingeniería Industrial On-line:
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administracion-de-inventarios/clasificacion-de-inventarios/>
- Salazar López, B. (2016b). *Kanban: Control de Materiales y Producción*. Recuperado el 4 de abril de 2019, de Ingeniería Industrial On-line:
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/kanban/>
- Singh, D., & Verma, A. (2018). Inventory Management in Supply Chain. *Materials Today: Proceedings of the 7h International Conference of Materials Processing and Characterization*, 5, 3867-3872.
- Socconin, L. (25 de Septiembre de 2018). *Kanban para el control de materiales y producción*. Recuperado el 10 de abril de 2019, de LSSI Blog:
<https://www.lssi-spanish.org/noticias-y-eventos/kanban-para-control-de-materiales-y-de-produccion>
- Vidal Holguín, C. J. (2010). *Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios*. Colombia: Universidad del Valle.
- Watson, M. (19 de Febrero de 2019). *EOQ Model and the Hidden Costs of Fixed Costs*. Recuperado el 24 de Febrero de 2019, de
http://scdigest.com/experts/drwatson_19-02-19.php?cid=15200.
- Zapata Cortés, J. A. (2014). *Fundamentos de la Gestión de Inventarios*. Medellín, Colombia: Institución Universitaria Esumer.