

# FORMULACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE BIENES SUJETAS A DEMANDA INDEPENDIENTE

■ Juan José Sandoval L.

email: jjsandoval.ucab@gmail.com

Universidad Católica Andrés Bello

Caracas-Venezuela

■ Luis Amado Gutiérrez Larrigoitia

email: laglab2212@yahoo.es

Universidad Católica Andrés Bello

Caracas-Venezuela

Fecha de Recepción: 14 de Julio 2014

Fecha de Aceptación: 25 de Febrero de 2014

## RESUMEN

El problema de gestionar inventario es uno de los más importantes para las empresas. Una empresa que gestiona de forma adecuada su inventario minimiza los costos de operación mientras es capaz de cumplir con las necesidades de demanda de sus clientes, generando valor a través de la cadena de suministro. En este trabajo, se describen las características resaltantes y la situación actual de los sistemas de inventario de comercializadoras en Venezuela. Posteriormente se construye un modelo que integra las características de estos sistemas y las necesidades frecuentes de los gerentes. El modelo del sistema se integra en una herramienta computarizada que propone buenas políticas de inventario y permite estudiar el impacto de cualquier política mediante simulaciones rápidas pero realistas. La herramienta está orientada principalmente a los análisis de sensibilidad del

sistema ante cambios en los costos, las restricciones, el tiempo de caducidad y la variabilidad de la demanda y las demoras. Esto constituye un aspecto importante dado que las empresas de hoy en día se encuentran en un entorno de constante transformación. El objetivo final de esta herramienta es reducir los costos de operación de inventarios mientras se asegura un buen servicio a los clientes, así como probar los planes de inventarios antes de llevarlos a la realidad.

**Palabras clave:** sistema de inventario, gestión de inventario, costos, demanda, demoras, servicio, política de inventario.

# FORMULACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN DE INVENTARIOS PARA EMPRESAS COMERCIALIZADORAS DE BIENES SUJETAS A DEMANDA INDEPENDIENTE

**Keywords:** inventory system, inventory management, costs, demand, lead times, service, inventory policies.

---

## ABSTRACT

Inventory management problem is one of the most important for the companies. A company that properly manage its inventory systems minimizes operations costs while meeting customer demand, creating value through supply chain. In this research, salient features and Venezuelan inventory systems current status are described. Later, a model is built such that it integrates the features of this systems and managers frequent needs. The model integrates in a computerized tool that can propose good inventory policies and allows to study the impact of any politic by fast yet realistic simulations. This tool is mainly oriented to sensibility analysis of the system to changes in cost, restrictions, expiration time, and demand and lead times variability. This is an important aspect, since todays companies realize they are in a constantly changing environment. The ultimate goal of this tool is to reduce inventory operations cost, while ensuring a good customer service level, as well as test inventory plans before taking them to reality.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las empresas comercializadoras son aquellas que distribuyen producto terminado, por lo cual no agregan valor de producto como las empresas productoras sino que agregan valor de logística (acercan el producto al cliente). Estas empresas se enfrentan constantemente a un problema de gestión de inventarios con el fin de satisfacer la demanda de sus clientes.

En la mayoría de los casos las empresas suelen apegarse a la estrategia de tener grandes “colchones” de inventarios para escapar de la posibilidad de quiebre (StockOut), debido a la aleatoriedad de la demanda y los tiempos muertos de proveedores. Esta estrategia es ineficiente en términos de costos porque pueden terminar pagando más dinero por mantener inventario hasta que realmente se necesita. Además suele ocurrir que se vende menos que lo que se compró, problema que en el caso de inventario perecedero se acentúa aún más.

En el mercado existen numerosas aplicaciones de informáticas en el mercado que prometen optimizar la gestión de inventarios, pero generalmente caen en uno de dos extremos.

- Aplicaciones de contabilidad: son aplicaciones que sirven primordialmente para llevar el control de las cantidades de dinero que fluyen día a día en forma de inventario dentro de la empresa. En su mayoría no contemplan la variabilidad de proveedores ni de la demanda.
- Aplicaciones de simulación: son aplicaciones que pueden representar fielmente el sistema y su variabilidad, incluso con detalles físicos como el transporte y el almacenamiento. Sin embargo, este nivel de detalle hace que la simulación tarde un buen tiempo en completarse (a veces más de lo que el gerente puede esperar para decidir) y la mayoría de algoritmos de optimización matemática no son fácilmente aplicables.

Sin embargo, las decisiones que se deben tomar respecto al inventario de cada producto en la empresa suelen ser dos:

- Cuándo pedir: Es el tiempo que debe esperarse para pedir inventario.
- Cuánto pedir: Se refiere a la cantidad que se debe pedir en cada instante.

Algunas de las variables anteriores pueden graficarse en un Modelo Probabilístico de Inventario como el de la Figura 1.

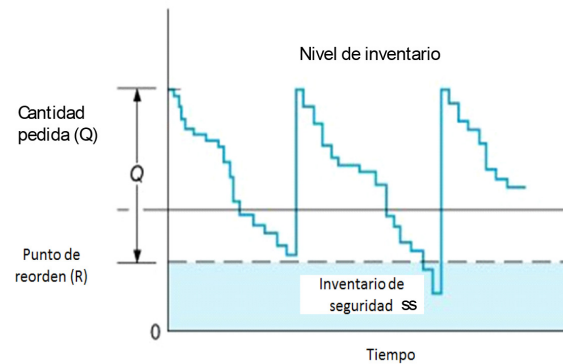


Figura 1: Modelo probabilístico de inventario.

Fuente: Taylor B (2009). Introduction to Management Science (pág758)

Por esta razón se ha decidido poner en marcha el proyecto de formulación de un modelo de gestión de inventarios para empresas comercializadoras de bienes. Se espera que esta herramienta facilite a los gerentes responsables del inventario en las empresas la toma de decisiones para que estas sean ágiles, acertadas y justificadas sin tener que recurrir a la mera intuición.

## 2. TRABAJOS RELACIONADOS Y ESTADO DEL ARTE

El trabajo realizado por Alonso A et al [2] describe una encuesta aplicada a las empresas del sector higiene y alimentos de Venezuela, en cuanto a la gestión de inventarios. También se consultaron los trabajos de grado listados en las referencias [3] y [4].

## 3. MARCO REFERENCIAL

### 3.1 Bases teóricas

#### 3.1.1 Cadena de suministros

Una cadena de suministros consiste de todas las etapas involucradas, directa o indirectamente, en la satisfacción de un requerimiento de un cliente. La cadena de suministros no solo incluye al fabricante y los proveedores, sino también a los transportistas, almacenes, distribuidores, y a los clientes mismos. El objetivo de toda cadena de suministros es maximizar el valor total generado [5].

### 3.1.2 Empresas comercializadoras

Una cadena de suministros típica puede estar compuesta de varias etapas: proveedores de componentes y materias primas, fabricantes, mayoristas, minoristas y clientes. Cada etapa se conecta mediante el flujo de productos, información y fondos. Los flujos pueden ir en ambas direcciones [5]. Las comercializadoras de bienes sujetas a demanda independiente suelen operar en las etapas de minoristas/detallistas. Estas empresas compran producto terminado y lo venden al cliente.

### 3.1.3 Inventarios

El inventario se define como cualquier activo reservado para uso o venta futura. Existen diversos tipos de inventario según la empresa y el producto que se almacena [6].

- Inventario en proveedor: es el que se pidió y aún no ha sido preparado por el proveedor.
- Inventario en transporte: es el que se pidió, se embarcó y aún no ha sido traído por el transporte.
- Inventario fuera: es el inventario en proveedor más el que está en transporte.
- Inventario disponible (en almacén): es el que está en almacén y que puede venderse.
- Inventario de anticipación (estacional): es el que satisface el componente estacional de la demanda.
- Inventario cíclico: es el que satisface la demanda promedio entre reposiciones sucesivas.
- Inventario de seguridad: es una cantidad adicional que protege de la variabilidad de la demanda.
- Inventario faltante: es la demanda del cliente que se pierde o aplaza por no tener inventario.
- Inventario caduco (u obsoleto): es el que se ha perdido luego de cierto tiempo, cuando es perecedero.

### 3.1.4 Sistema de inventarios

Un sistema de inventario es tal que solamente dos de los siguientes tres costos son considerados, y al menos dos de ellos son controlables: el costo de mantener inventario, el costo de incurrir en faltantes, y el costo de pedir inventario [7].

### 3.1.5 Problema de inventario

Es el problema de hacer decisiones óptimas respecto a un sistema de inventarios. Es decir, minimizar el costo total del sistema, dadas ciertas restricciones. Las

decisiones que minimizan el costo son en términos de tiempo y cantidad. El momento y la cantidad a pedir se denominan variables de control. [7].

### 3.1.6 Políticas de inventario

Existen diferentes políticas según las variables de control utilizadas, como muestra la Tabla 1.

### 3.1.7 Propiedades de un sistema de inventarios.

Las siguientes propiedades se definen de forma similar a como aparecen en [5], [6], [7], [8] y [9].

**Tabla 1: Tipos de política según sus variables de control.**

Variable control de tiempo (cuándo pedir)	Variable control de cantidad (cuánto pedir)	Tipo de política
Punto de reorden	Tamaño de lote	(z,Z)
Punto de reorden	Nivel de reorden	(z,q)
Tiempo entre revisiones	Tamaño de lote	(t,Z)
Tiempo entre revisiones	Nivel de reorden	(t,q)

Fuente: Autor (2014)

#### 3.1.7.1 Propiedades del horizonte de planificación.

- Horizonte de planificación: se define como el lapso de tiempo desde el momento actual, para el cual el gerente necesita diseñar una política de inventarios.

#### 3.1.7.2 Propiedades de la demanda

- Demanda: es el flujo de inventario que sale del sistema. Según el tipo de producto, la misma puede ser dependiente (depende de la demanda de otros productos) o independiente (no depende de la demanda de otros productos). La demanda dependiente puede calcularse a partir de la independiente, pero esta última no se conoce y debe ser pronosticada.
- Supuesto de normalidad de demanda: consiste en suponer que la demanda de varios intervalos consecutivos de tiempo es normal e idénticamente distribuida. Este supuesto permite calcular la distribución de la demanda total escalando la demanda en un periodo dado.

3.1.7.3 Propiedades de la reposición

- Tiempo de caducidad: es el límite de tiempo en el cual el inventario puede venderse.
- Tiempo entre pedidos: es el tiempo entre dos decisiones consecutivas de si pedir o no pedir.
- Tamaño de pedido ( $q$  o  $Q$ ): es la cantidad de unidades de cada pedido.
- Patrón de reposición: en un sistema de inventario, la reposición puede hacerse de forma inmediata (un lote llega de una sola vez) o progresiva (el lote llega en partes durante cierto tiempo).
- Tiempo de demora ( $L$ ): la demora total es el tiempo entre la detección de la necesidad de reponer inventario, y la recepción de la orden. la demora depende de trámites internos de la empresa, requisitos legales, del proveedor, del transporte, entre otros factores.
- Frecuencia de la decisión: las decisiones de ordenar pueden hacerse de forma continua (monitoreo de inventario constante) o periódica (monitoreo de inventario cada cierto tiempo).

3.1.7.4 Propiedades de los costos

- Ciclo ( $t$ ): se considera como el tiempo entre la recepción de un pedido y la recepción del siguiente.
- Costo variable de pedido ( $C^*Q$ ): es la parte del costo de pedido que depende de la cantidad de unidades pedida y es el producto del costo de unidad pedida  $C$  por la cantidad pedida  $Q$ .
- Costo fijo de pedido ( $K$ ): es la parte del costo de pedido que no depende de la cantidad de unidades pedida.
- Costo de mantener inventario ( $H^*t^*It$ ): es el costo de mantener unidades en inventario durante cierto tiempo y es el producto del tiempo de ciclo  $t$  por el costo unitario de mantenimiento  $H$  por la cantidad de inventario mantenido  $It$ .
- Costo de faltantes ( $p$ ): es el costo en que se incurre cuando la demanda excede el inventario disponible. El valor de  $p$  puede ser un costo por pérdida de ventas (caso en que el cliente no compra el producto en el futuro) o un costo por pedido pendiente (caso en que el exceso de demanda se satisface en un momento posterior).
- Faltantes esperados por ciclo ( $ESC$ ): es el valor esperado por el cual la demanda supera al inventario en un ciclo de duración  $t$ , cuando en realidad lo supera.

- Nivel de servicio ( $csf$ ): es la probabilidad de que la demanda durante un ciclo no exceda el inventario disponible.
- Tasa de surtido ( $fr$ ): es el porcentaje de demanda satisfecha en cada ciclo.
- Costo total por ciclo: es la suma de los tres costos.

3.1.8 Valores óptimos para los cuatro tipos de política

Los valores óptimos de las variables control para las cuatro políticas se pueden obtener de forma aproximada según  $Q$  y  $R$  como en la Tabla 2, como se expone en [5], [6], y [8].

Tabla 2: Valores óptimos de variables control según política.

Tipo de política	Momento de pedir	Tamaño de pedido
zq	$z=R$	$q=Q$
zZ	$Z=R$	$Z=Q+R$
tq	$t=Q/D$	$q=Q$
tZ	$t=Q/D$	$Z=Q+R$

Fuente: Autor (2014)

Para revisión continua y dado el costo unitario de faltantes  $p$ , los valores de  $Q$  y  $R$  se obtienen resolviendo simultáneamente (1) y (2) en la Tabla 3. Si se da el nivel de servicio ( $csf$ ) se resuelven (3) y (4), y si se da la tasa de surtido ( $fr$ ) se resuelven (3), (5) y (6).

Tabla 3: Ecuaciones para revisión continua y periódica con costo unitario de faltantes.

Ecuación	Núm
$Q = \sqrt{\frac{2D[K + pESC(R)]}{H}}$	1
$1 - F(R^*) = \frac{QH}{QH + Dp}$	2
$Q = \frac{H \cdot ESC(R) \cdot F(R)}{1 - F(R)} + \sqrt{\left(\frac{H \cdot ESC(R) \cdot F(R)}{1 - F(R)}\right)^2 + \frac{2DK}{H}}$	3
$\Phi\left(\frac{R - DL}{\sigma\sqrt{L}}\right) = CSF$	4
$fr = 1 - \frac{ESC(R)}{Q}$	5
$ESC(R) = E(\max(X - R, 0))$ $= \sqrt{L}\sigma \cdot \left[ \phi\left(\frac{R - DL}{\sqrt{L}\sigma}\right) - \left(\frac{R - DL}{\sqrt{L}\sigma}\right) \cdot \left(1 - \Phi\left(\frac{R - DL}{\sqrt{L}\sigma}\right)\right) \right]$	6

Fuente: Adaptación del autor

Para revisión periódica, si se da  $p$  se usan las mismas ecuaciones (1) y (2), si se da el  $csf$  se usan las ecuaciones (7) y (9) y si se da  $fr$  se usan (7), (10) y (11) de la Tabla 4.

**Tabla 4: Ecuaciones para revisión periódica sin costo unitario de faltantes.**

Ecuación	Núm
$Q = EOQ = \sqrt{\frac{2DK}{H}}$	7
$\Phi\left(\frac{Z - D(t+L)}{\sigma\sqrt{t+L}}\right) = CSL$	9
$f\bar{r} = 1 - \frac{ESC(Z)}{Q}$	10
$ESC(Z, t) = E(\max(X - Z, 0))$ $= \sqrt{t+L}\sigma \left[ \phi\left(\frac{Z - D(t+L)}{\sqrt{t+L}\sigma}\right) - \left(\frac{Z - D(t+L)}{\sqrt{t+L}\sigma}\right) \cdot \left(1 - \Phi\left(\frac{Z - D(t+L)}{\sqrt{t+L}\sigma}\right)\right) \right]$	11

Fuente: Adaptación del autor (2014)

## 4. DESARROLLO

### 4.1 Fase I: Revisión bibliográfica

La primera fase de esta investigación comprende la obtención de información bibliográfica, de los sistemas de gestión de inventarios para comercializadoras en Venezuela. Fueron revisados distintos libros de texto, libros electrónicos, publicaciones científicas profesionales, trabajos especiales de grado, entre otros. Se presenta un breve resumen de la situación actual en Venezuela de las políticas de gestión de inventarios, según una encuesta realizada por Alonso et al (2008) [2]. Haciendo uso de esta encuesta, se resumen a continuación los resultados que influyen el modelo de gestión diseñado en este trabajo.

- La demanda: la mayoría de las empresas dice utilizar métodos formales de pronóstico, y usan las herramientas de ERP (Enterprise Resource Planning), sin embargo, parecen usar más bien métodos empíricos. Otras usan experiencias pasadas y comportamiento de productos similares.
- Las demoras: las demoras son estocásticas y oscilan entre uno y quince días. El porcentaje de órdenes cumplidas por un proveedor va de 40 a 100 %. Los inventarios rotan en el caso más rápido diariamente, y en el caso más lento semanalmente. La demora que desearían tener las empresas es de un día para el sector alimentos y una semana o menos para el sector higiene. Se conoce el tiempo de reposición pero no la tasa de reposición para entregas parciales.

- Relaciones con el proveedor: algunas empresas dicen tener acuerdos con sus proveedores, mientras que la mitad de ellas tiene un orden de prioridad al momento de seleccionar un proveedor.
- Tipos de producto: los productos nacionales suelen ser más económicos que los importados. Los nacionales presentan alta escasez y los segundos presentan alta incertidumbre en la demora. Los productos de bajo margen de ganancia rotan rápido y los de alto margen rotan lento.
- Políticas de revisión: la revisión de inventario suele ser periódica. Es común usar sistemas informáticos para monitorear el nivel de inventario. No se utiliza un método formal para planificar las órdenes de compra, es decir, no se sabe cuándo pedir. Para saber cuánto pedir, se usan métodos informales basados en el histórico de ventas y otros datos. El nivel medio de inventario que se mantiene es de 1 a 7 días para alimentos y de 15 a 30 días para el sector higiene.
- Para calcular los tiempos y lotes de reposición, muchas empresas usan el ERP sin preocuparse de si los resultados son lógicos, o usan se basan en el histórico de ventas. Muchas empresas mantienen inventario de seguridad pero se calcula empíricamente. La política de inventario de productos nacionales es diferente de la de los importados.
- Nivel de servicio: la mayoría de empresas incurre en faltantes. El número de días con faltantes al año va de 10 a 180.
- Costos: las empresas desconocen el impacto que tiene el nivel de inventario respecto a un aumento en la paridad del dólar. Desconocen el impacto en el costo de mantener inventario (principalmente el costo de capital) del nivel de inventario. También desconocen el costo de almacenamiento y manejo de materiales, aunque se intuye que son elevados.

### 4.2 Fase II: Entrevista a consultores en el área.

Se entrevistó a consultores de la Universidad Católica Andrés Bello en el área de gestión de inventarios. Los puntos resaltantes son los siguientes.

- Proyección de las decisiones antes de implementarlas: es importante contar con un mecanismo que permita tener una idea de que ocurrirá con ciertas políticas, para ajustarlas antes de llevarlas a la realidad.

- Decisiones vs pronóstico: algunos sistemas no toman en cuenta la variabilidad de forma adecuada, generando simplemente pronósticos refinados de demanda y no planes óptimos. Las herramientas deberían estar más orientadas a la decisión que al pronóstico.
- Nivel de detalle: es importante tomar en cuenta los detalles de la logística en las decisiones, pero se debe hacer énfasis en los aspectos fundamentales.
- Cálculos rápidos pero acertados: cuando la rotación de inventario es alta, se necesitan herramientas computarizadas que agilicen el trabajo, no que lo hagan más pesado. Una herramienta que tome en cuenta aspectos fundamentales pero que sea rápida es muy valiosa.
- Diagnósticos de la situación actual: Sería bueno contar con un diagnóstico de la situación actual, y que permita visualizar los problemas con mayor claridad.
- Validez de los supuestos de políticas: Al usar formulas analíticas se hacen ciertos supuestos que se deberían comprobar en alguna forma, más cuando no se cumplan algunos supuestos para su deducción.
- Sensibilidad a cambios en los parámetros: Es importante determinar qué tan sensible es la gestión a errores en la estimación de los parámetros (como los costos).

#### 4.3 Fase III: Modelado conceptual del sistema de inventarios.

##### 4.3.1 Dinámica del sistema

Ahora que se han especificado los supuestos globales que debe cumplir el sistema real, se puede construir un modelo de éste y su evolución en el tiempo. De ahora en adelante, se hace referencia al sistema como la versión simulada del sistema real.

- El sistema consiste del proveedor, del transporte y de un almacén de una empresa, y el almacén comienza con cierta cantidad de inventario inicial. Cuando llega el momento de pedir (punto de reorden o tiempo de decisión) se revisa el nivel de inventario y se pide por cierta cantidad de lote (nivel de reorden o tamaño de lote) al proveedor.
- Al formular la orden, se crea un registro en el inventario fuera para ese lote. El día que el lote

llega y el día que caducará dependen de la demora total del pedido. El nivel de inventario toma en cuenta tanto las unidades de inventario en almacén como las unidades de inventario fuera, esto es para que las políticas de decisión continua no sigan formulando órdenes una vez que ya hay órdenes pendientes.

- Una vez que llega la orden, el lote se separa y las unidades entran al inventario disponible del almacén. Si al inicio de cualquier día, las unidades de un lote han caducado, esas unidades se eliminan del inventario (se quitan del inventario inicial del día) y no se incurre en un costo de desechos.
- El almacén comienza el día con un inventario inicial (sin las unidades que caducaron), que será consumido por la demanda del día. El inventario que queda al final del día será el inventario final. Los faltantes del día son el excedente de la demanda sobre el inventario inicial de ese día. Los faltantes no podrán ser compensados en un día futuro (son ventas perdidas).
- Si es momento de decidir si pedir al proveedor, se revisa el inventario final del día y se formula una orden por la cantidad correspondiente a la política utilizada.
- Se supone que el proveedor y el transporte no ponen los pedidos en cola, este supuesto es razonable si se tienen suficientes transportes y el proveedor cuenta con mecanismos para procesar varios pedidos a la vez. La salida de unidades del almacén por demanda sigue la regla PEPS (primero en entrar, primero en salir) según el orden en que llegaron al almacén.

El sistema descrito por las anteriores características se observa en la Figura 2.

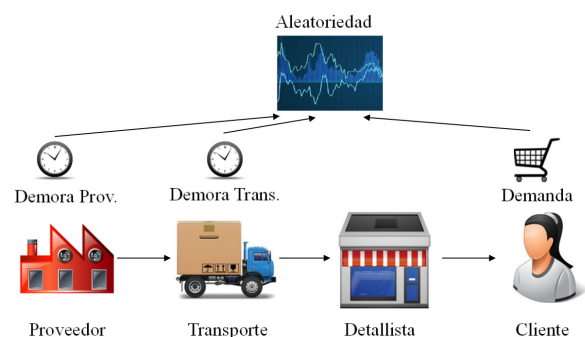


Figura 2: Modelo conceptual y dinámica del sistema.  
Fuente: Autor (2014)

#### 4.4 Fase IV: Modelado matemático del sistema

##### 4.4.1 Variables

A continuación se listan las variables del sistema.

- Variables control: son las que se pueden cambiar en el modelo y representan las decisiones de cuando pedir y cuanto pedir. Están en la Tabla 5.
- Variable tiempo del sistema: es el tiempo simulado que ha transcurrido en el sistema. Se denota  $t_{Dia}$ .
- Variables de estado: describen el sistema en cualquier momento dado. Están en la Tabla 6.
- Variables de conteo: cuentan valores o eventos cada cierto tiempo y luego se reinician, se muestran en la Tabla 7.
- Variables acumuladoras: cuentan valores o eventos cada cierto tiempo, pero a diferencia de las de conteo no se reinician. Se muestran en la Tabla 8.
- Variables aleatorias: son constantes o se deben generar a partir de distribuciones de probabilidades o muestreos aleatorios con reposición. Se muestran en la Tabla 9.
- Variables auxiliares: se usan para actualizar variables de estado y contadores, para llevar atributos y facilitar ciertos cálculos.

##### 4.4.2 Recursos

Si se considera que un recurso retiene una unidad por cierto tiempo y luego la libera, se pueden considerar como recursos al almacén de inventario, al proveedor y al transporte.

##### 4.4.3 Entidades:

Son las unidades de producto. Estas se crean al pedir un lote y se retienen en el proveedor hasta que se embarcan. Luego se retienen en el transporte hasta que llegan al almacén. Por último, se retienen en el almacén hasta que se demandan.

##### 4.4.4 Eventos

A continuación se listan los eventos que pueden ocurrir durante un día y los cambios en las variables de estado que producen.

- Llegada de un lote: disminuye la variable *invFuera* y aumenta la variable *invAlm*, ambas por las unidades del lote.
- Vencimiento de unidades: disminuye la variable *invAlm* por las unidades del lote.
- Demanda de unidades: disminuye la variable *invAlm* por la cantidad demandada.
- Pedido de un lote: aumenta la variables *invFuera* por las unidades del lote.

**Tabla 5: Variables control.**

Variable	Nombre	Descripción
Punto de reorden	"z"	Si el inventario al final del día es menor que este valor, debe hacerse un pedido.
Tamaño de lote	"tr"	Si ya han pasado "tr" días desde la última revisión, debe hacerse un pedido.
Nivel de reorden	"q"	Si se utiliza, significa que cada pedido debe hacerse por la misma cantidad "q".
Periodo de revisión.	"Z"	Si se utiliza, significa que cada pedido debe hacerse por la diferencia entre "Z" y el inventario actual (el que esta fuera más el que está en almacén).

Fuente: Autor (2014)

**Tabla 6: Variables de estado.**

Variable	Nombre	Descripción	Cambio
Inventario fuera de almacén	invFuera	Es la cantidad de inventario en proveedor más la que está en tránsito	Cuando se hace un pedido o llega un pedido.
Inventario en almacén	invAlm	Es la cantidad de inventario disponible en el almacén.	Cuando llega un pedido, caducan unidades, o se suple la demanda.
Nivel de inventario	nivInv	Es la cantidad de inventario fuera y dentro del almacén	Cuando cambian las dos anteriores

Fuente: Autor (2014)



**Tabla 7: Variables de conteo.**

Variable	Nombre	Descripción	Cambio
Contador de tiempo entre revisiones	contRev	Cuenta el número de días que han transcurrido desde la última revisión de inventario. Cuando su valor es mayor o igual que el tiempo entre revisiones, se revisa el inventario y se decide si pedir.	Al final de cada día, aumenta en 1. Cuando se hace un pedido, se reinicia a 0.
Días con faltante del ciclo	diasFaltCiclo	Se usar para registrar si cuantos días con faltantes ha tenido el ciclo actual	Después de suplir la demanda

Fuente: Autor (2014)

**Tabla 8: Variables acumuladoras.**

Variable	Nombre	Descripción	Cambio
Acumulador de demanda	acumDem	Es la demanda del sistema hasta el día actual.	Cuando se suple la demanda del día.
Acumulador de faltantes	acumFalt	Son los faltantes del sistema hasta el día actual.	Cuando se suple la demanda del día.
Acumulador de nivel de inventario	acumNivInvDP	Es el nivel de inventario después de pedir acumulado hasta el día actual	Cuando se termina el día.
Acumulador de ciclos con faltante	acumCiclosFalt	Son los ciclos que han tenido faltante hasta el día actual.	Aumenta en uno cuando es la primera vez que un ciclo tiene faltantes.
Acumulador de ciclos	acumCiclos	Son los ciclos del sistema hasta el día actual.	Aumenta en un cuando llega un pedido.
Acumulador de pedidos	acumPedidos	Es la cantidad de pedidos hechos hasta el día actual	Aumenta en uno cuando se hace un pedido.
Acumulador de unidades pedidas	acumUnidPedidas	Es la cantidad de unidades pedidas hasta el día actual.	Aumenta por la cantidad pedida cuando se hace un pedido.
Acumulador de caducas	acumCaduc	Es la cantidad de caducas hasta el día actual	Aumenta cuando se eliminan las caducas.

Fuente: Autor (2014)

**Tabla 9: Variables aleatorias.**

Variable	Nombre	Descripción	Generación
Demanda del día	dem	Es la demanda que tiene que suplir el almacén determinado día.	Con una constante, con una distribución triangular o con un muestreo aleatorio con reposición de la data histórica de ventas.
emora de proveedor	demoraProv	Es la demora de proveedor para cierto pedido.	Con una constante, con una distribución triangular o con un muestreo aleatorio con reposición de la data histórica.
Demora de transporte	demoraTrans	Es la demora de transporte para cierto pedido.	Con una constante, con una distribución triangular o con un muestreo aleatorio con reposición de la data histórica.

Fuente: Autor (2014)

- Se supone que los eventos de cada día ocurren en el orden de la lista anterior.
- Identificación de los objetivos del sistema
- Los dos objetivos principales del modelo son los siguientes.
- Proponer políticas que minimicen los costos, respetando las restricciones impuestas por el gerente de ser posible.
- Analizar el desempeño de otras políticas de interés para el gerente.

#### 4.5 Fase V: Diseño de algoritmo de procesos de gestión.

Ahora que las entradas, y el funcionamiento del sistema se han explicado, se procede a describir el algoritmo diseñado.

##### 4.5.1 Entradas del algoritmo

Las entradas del algoritmo se rellenan en un formato, donde se detallan las opciones siguientes.

- Opciones generales: aquí se indica el tipo de análisis a realizar (simular o recomendar en la columna análisis), la forma de introducir los datos de la demanda, las unidades de la demanda, la forma de introducir los datos de las demoras y el tiempo de caducidad del producto.
- Opciones de costos: aquí se especifican los parámetros de costos conocidos, se debe especificar solamente  $h$  o  $H$  pero no ambos.
- Opciones de política: aquí se especifica el tipo de política a utilizar y los valores de sus correspondientes variables control de control.
- Parámetros y serie de la demanda, de la demora de proveedor y de la demora de transporte: Si se especifica la demanda como una constante o como una distribución triangular, deberá especificarse el valor de la constante o los parámetros de la triangular. En cambio, si se especifica la demanda como una serie de tiempo, se llena el histórico de ventas adecuado. Se llenan tablas similares para las demoras, dependiendo de si son constantes, distribuciones triangulares o series.
- Opciones de simulación: aquí se indican la cantidad de días a simular por replica, el número de réplicas y el costo unitario de faltantes a utilizar.
- Opciones de recomendación: aquí se especifica la restricción de faltantes (costo unitario, nivel de

servicio o tasa de surtido), el costo unitario de faltantes, el inventario inicial y la tasa de surtido.

##### 4.5.2 Algoritmo de simulación

Para simular una política, el algoritmo utiliza las variables mencionadas para registrar los cambios en el sistema. Todas las variables se definen como en la Fase IV del modelado matemático.

Se simula el funcionamiento del sistema mediante para cada replicación y se calculan las estadísticas de las medidas de desempeño. Luego se exporta un informe a una hoja de cálculo con las estadísticas para cada medida y los valores obtenidos para cada replicación.

##### 4.5.3 Algoritmo de recomendación

Para las recomendaciones de revisión periódica, los cálculos se realizan para políticas de revisión continuas y luego, se aproximan resultados para políticas de revisión periódica, según el método descrito en el marco teórico. Los parámetros  $D$  y  $s$  (la media y desviación estándar de la demanda durante un día) y el percentil de demora  $L$  se estiman con las series, ya sea dadas por el gerente o creadas a partir de las distribuciones especificadas (la media y desviación estándar se calculan con los últimos 5 días del histórico de ventas).

La demora constante  $L$ , se estima como el máximo valor posible, el cual es la suma de la máxima demora de proveedor y la máxima demora de transporte. Un resumen del algoritmo se observa en la Figura 3.

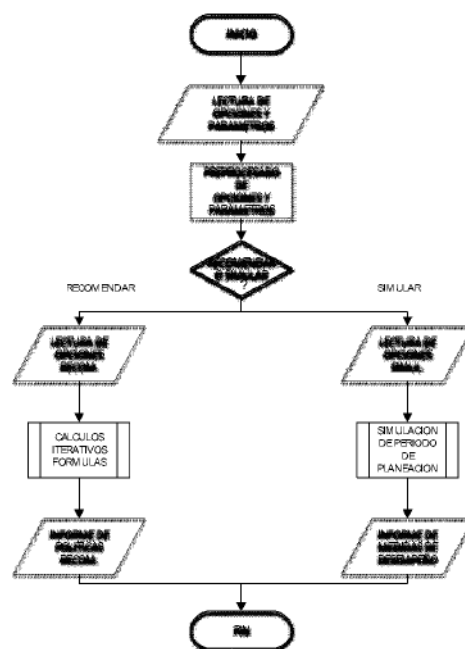


Figura 3: Diagrama de flujo del programa completo  
Fuente: Autor (2014)

Aquí se ve el diagrama del flujo de la información en el programa y se resume el procedimiento tanto para el algoritmo de simulación como para el de recomendación. Se sigue un camino diferente dependiendo de si se quiere simular una política o recomendarla. Los datos se muestran en los informes respectivos.

#### 4.6 Fase VI: Creación de aplicación informática.

Se procede a programar el algoritmo expuesto en código R, este código se almacena en un archivo con la extensión “.R”. Se prepara una hoja de cálculo con los datos de las tablas requeridas. Luego, el archivo se corre mediante RStudio, que se conecta con la hoja de cálculo y extrae los datos necesarios.

Una vez que obtiene los resultados y gráficos, envía las tablas de los informes de simulación y de recomendación a la hoja de cálculo, y las imágenes salen como archivos de extensión “.png”. Esto se resume en la Figura 4.

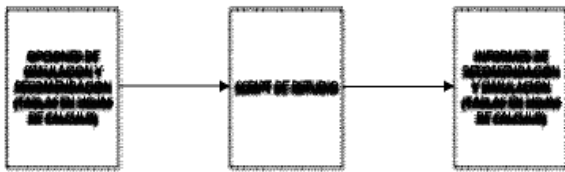


Figura 4: Lectura, procesamiento y salida de datos en RStudio. Fuente: Autor (2014).

## 5. PRUEBAS

Se hace uso de datos reales de una empresa con sede en la ciudad de Caracas. Los datos del primer artículo seleccionado se muestran a continuación.

### 5.1 Artículo seleccionado

El artículo a analizar consiste de un paquete de rollos para sumadoras de oficina. La revisión de este artículo se realiza de forma periódica, por lo cual interesa obtener una política recomendada por el programa. Por otra parte, se desea probar esta política para estimar su desempeño.

### 5.2 Características del artículo

Según datos de la compañía, este artículo posee una demanda diaria con variabilidad moderada de aproximadamente 35% (desviación estándar respecto a la media) y también un precio unitario de 35 BsF. Su costo

fijo de pedido es alto (200 BsF) en relación a su costo de mantener (20 % del precio unitario al año o 0.03337 BsF/día/unidad), por lo cual se espera que el producto rote lentamente en el año.

La gerencia utiliza el nivel de servicio como restricción de faltantes, y una política “tZ” (cada cierto tiempo, se pide hasta cierto nivel). La empresa ha venido utilizando un nivel de servicio de 90%. Se desea saber cuál es la mejor política de este tipo, si realmente se cumple con el nivel de servicio deseado y estimar los costos de operación y la tasa de surtido.

### 5.3 Obtención de política recomendada

Una vez construido el programa, las opciones se introducen en las tablas como sigue.

#### 5.3.1 Tabla opciones generales

Dado que se quiere recomendar una política, se escribe “recomendar”, la demanda viene como una serie facilitada por la compañía (columna datDemanda) y cambia en saltos de tamaño 1 (columna unidDem). La demora de proveedor se quiere introducir como distribución triangular (debido a que sus parámetros son el mínimo, el máximo y el más probable, haciéndola fácil de entender) al igual que la de transporte (columnas datDemoraProv y datDemoraTrans). Los datos correspondientes se introducen como en la Tabla 10.

Tabla 10: Opciones generales.

Análisis	datDemanda	Unid Demanda
recomendar	serie	1
datDemoraProv	datDemoraTrans	tCaducidad
triangular	triangular	tSimul

Fuente: Autor (2014)

#### 5.3.2 Tabla opciones de costos

Se suministran los coeficientes la Tabla 11, siendo el costo de mantenimiento de 0.0337 BsF/día/unidad (columna “H”, es el 20% de 35 entre 260 días del año).

Tabla 11: Opciones de costos del artículo.

K	C	h	H
200	35	-	0.00337

Fuente: Autor (2014).

#### 5.3.3 Tabla opciones de política

Dado que no se va a simular aún ninguna política, esta tabla se deja vacía por ahora.

### 5.3.4 Tabla parámetros de demanda

Como se especifica la demanda como una serie de ventas históricas y no por una distribución de probabilidad, esta tabla se deja vacía.

### 5.3.5 Tabla parámetros demora de proveedor

Dado que se decide usar una demora triangular, se especifican los valores en la Tabla 12. Los datos dados por la compañía indican que el tiempo de demora de proveedor va de una a cuatro semanas (columnas “min2” y “max2”) y que es común que tarde tres (columna “mp2”).

**Tabla 12: Parámetros de la demora de proveedor del artículo.**

const2	min2	max2	mp2
-	5	20	15

Fuente: Autor (2014)

### 5.3.6 Tabla parámetros de demora de transporte

Al igual que para la demora de proveedor, la de transporte también sigue una distribución triangular. Se indica que el transporte suele ser muy rápido, por lo cual se coloca una demora prudencial de uno a tres días (columnas “min3” y “max3”), siendo más probable la demora de dos días (columna “mp3”). Se rellena como en la Tabla 13.

**Tabla 13: Parámetros de la demora de transporte del artículo.**

const3	min3	max3	mp3
-	1	3	2

Fuente: Autor (2014)

### 5.3.7 Serie de ventas

La serie de ventas históricas para estimar la demanda se introduce como en la Tabla 14.

**Tabla 14: Serie de ventas históricas del artículo.**

Día	Ventas
1	12
2	6
3	11
4	10
5	9
6	11
7	18
8	11
9	13

Fuente: Autor (2014)

### 5.3.8 Tabla opciones de simulación

Dado que no se va a simular aun, se deja esta tabla vacía.

### 5.3.9 Tabla opciones de recomendación

Debe indicarse que se utiliza el nivel de servicio cíclico, como restricción sobre los faltantes (columna “restFalt”).

El nivel de 90% se especifica en la columna “csl”. Se rellena como en la Tabla 15.

**Tabla 15: Opciones de recomendación del artículo.**

restFalt	p	cal	fr
csl	-	0.90	-

Fuente: Autor (2014)

## 5.4 Informe de recomendación

Una vez que se corre el programa en RStudio, se obtienen los resultados de la Tabla 16, que contiene los valores de cuándo pedir y cuánto pedir para cada uno de los cuatro tipos de política: “zZ”, “zq”, “tZ” y “tq”.

**Tabla 16: Políticas recomendadas.**

política	tipo	x	t	Z	q
A	zZ	329	-	715	-
B	zq	329	-	-	385
C	tZ	-	31	732	-
D	tq	-	31	-	385

Fuente: Autor (2014)

Por ejemplo, la tercera política, (denominada C), indica que cada 31 días se debe pedir por la diferencia entre el inventario actual y 460 unidades. Ahora se procede a simular estas cuatro políticas recomendadas.

## 5.5 Simulación de políticas recomendadas

Ahora se simulará el sistema con los valores de política recomendados. Esto permitirá determinar si los supuestos analíticos concuerdan con la simulación.

### 5.5.1 Tabla opciones de política

Esta se rellena con las cuatro políticas a probar, como en la Tabla 17.

**Tabla 17: Descripción de política a simular.**

política	z	tr	Z	q
tZ		31	732	-

Fuente: Autor (2014)

### 5.5.2 Tabla opciones de simulación

Las opciones de simulación se introducen en la Tabla 18. Debido a que la recomendación sugiere una rotación de más de un mes (de 31 días) aquí se ha decidido utilizar un tiempo de simulación de 300 días (columna "tSimul").

**Tabla 18: Opciones de simulación.**

tSimul	réplicas	lo	p
300	30	200	0

Fuente: Autor (2014)

Se hace 30 replicaciones (columna "replicas") para cada política, dado que 30 es un número razonable para suponer que la muestra obtenida sigue una distribución normal. Esto se hace para obtener intervalos de confianza adecuados para las medidas de desempeño. Se supone un inventario inicial en el sistema de 200 unidades (columna "lo"), para ver los efectos del inventario inicial. Las demás tablas se dejan como están, debido a que los datos para el sistema son los mismos (la tabla de opciones de recomendación no se utiliza).

### 5.6. Informe de simulación

Se muestran las medidas de desempeño obtenidas para cada política en la Tabla 19. En las Figuras 5, 6 y 7 se grafican estas medidas para comparar las cuatro políticas.

#### 5.6.1 Metodología para analizar el informe de simulación

El informe de la Tabla 19 indica estadísticas de los costos, el nivel de servicio y la tasa de surtido, para cada política. Se observa que las políticas tienen costos muy similares entre sí, que la política "tq" es la menos costosa, y que la "tZ" es la más costosa. El costo aumenta principalmente por el costo variable de pedir (el precio unitario del artículo), seguido del costo de mantener, y del costo fijo en ese orden (el costo de faltantes, es cero porque  $p$  es cero).

**Tabla 19: Medidas de desempeño para las cuatro políticas sin caducidad.**

Nombre	Tipo	Estad	ctoVarPedir (BsF)	ctoFijoPedir (BsF)	ctoMantener (BsF)	ctoFalt (BsF)	ctoTotal (BsF)	csi(%)	fr(%)	percentCaduc
A	zZ	media	142.132	2.000	5.354	-	149.486	0,9333	0,9953	-
		desvest	554	-	26	-	553	0,0547	0,0065	-
		min	141.330	2.000	5.300	-	148.684	0,8000	0,9759	-
		max	143.710	2.000	5.421	-	151.067	1,0000	1,0000	-
B	zq	media	140.504	2.080	5.252	-	147.836	0,9415	0,9942	-
		desvest	6.732	100	31	-	6.827	0,0487	0,0070	-
		min	135.100	2.000	5.204	-	142.304	0,9000	0,9760	-
		max	148.610	2.200	5.339	-	156.149	1,0000	1,0000	-
C	tZ	media	144.649	2.000	5.499	-	152.148	0,9433	0,9953	-
		desvest	2.533	-	42	-	2.499	0,0504	0,0067	-
		min	139.930	2.000	5.399	-	147.504	0,9000	0,9711	-
		max	150.010	2.000	5.574	-	157.418	1,0000	1,0000	-
D	tq	media	135.100	2.000	4.117	-	141.217	0,6067	0,9540	-
		desvest	-	-	182	-	182	0,1202	0,0155	-
		min	135.100	2.000	3.818	-	140.918	0,4000	0,9215	-
		max	135.100	2.000	4.566	-	141.666	0,9000	0,9989	-

Fuente: Autor (2014)

Los costos promedio de las tres políticas se ven bastante similares, siendo la "tq" la menos costosa (tanto en costo variable como en costo de mantener). Sin embargo, los costos por sí solos no son buenos indicadores debido a que la política "tq" cuesta un poco menos porque no reajusta su tamaño de lote ni su tiempo de pedido como las otras. Por tanto, la comparación exige observar también el nivel de servicio y tasa de surtido (o el costo de faltantes si fuera el caso).

Los niveles de servicio son similares para todas las políticas menos la "tq" (que tiene el peor de 60%), debido a que esta nunca ajusta ni el momento ni la cantidad a pedir.

Las tasas de surtido son similares para todas las políticas, siendo también la menor de ellas la de "tq" (de 95,40%). También se ve que el nivel de servicio no es una buena medida de la satisfacción del cliente, dado que en realidad se cumple un gran porcentaje de demanda, aunque siempre haya al menos un faltante por ciclo.

En general esto será así (excepto para la política “tq”) dado que las formulas usadas usan un percentil de tiempo muerto y diseñan para el peor caso (el máximo tiempo muerto posible). Sin embargo, se deben realizar pruebas de hipótesis para comprobar que una medida fue superior a otra.

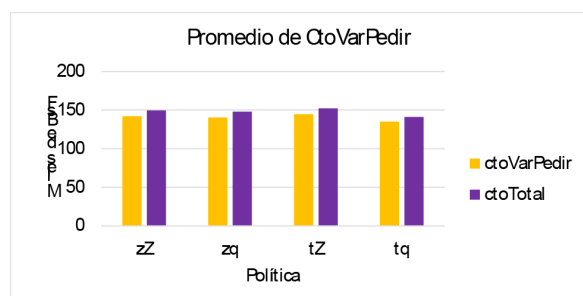


Figura 5: Promedio de costo variable de pedir y costo total sin caducidad.

Fuente: Autor (2014)

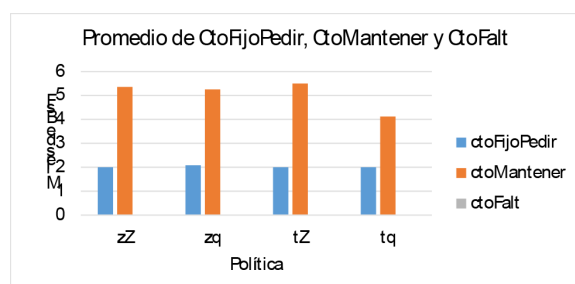


Figura 6: Promedio de costo fijo de pedir, de mantener y de faltantes sin caducidad.

Fuente: Autor (2014)

## 5.7 Graficas de flujo de inventario

En las Figuras 8, 9, 10 y 11 se observa el inventario final de almacén (*invFinAlm*) y nivel de inventario después de pedir (*nivInvDP*) para cada día según cada política. Estas gráficas son una referencia rápida para ver que la simulación marcha bien y para visualizar rápidamente cuestiones fundamentales.

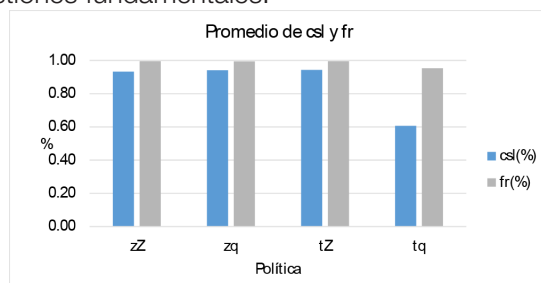


Figura 7: Promedio de nivel de servicio y tasa de surtido sin caducidad.

Fuente: Autor (2014)

## 5.7.1 Metodología para analizar las graficas

En primer lugar, se suele pedir entre 9 y 10 veces durante la simulación (en las Figuras 8, 9, 10 y 11 se ven 9 o 10 saltos hacia arriba de la línea roja correspondientes al registro de un pedido).

Todas las políticas menos la “tq” mantienen un inventario de seguridad de aproximadamente 150 unidades (la línea azul suele bajar hasta esos valores). La variabilidad de la demanda es moderada, debido a que la disminución de inventario sigue aproximadamente una línea recta.

Las tres primeras políticas se van ajustando después del primer ciclo para mantener un inventario de seguridad adecuado (Figuras 8, 9 y 10). En cambio, la política “tq” (Figura 11) no se recupera de ese estado inicial, porque no puede reajustar sus valores a lo largo del tiempo (se observa que se mantiene rozando el nivel de cero inventario, por lo cual tiene más faltantes que las otras). El tiempo muerto total se visualiza como los días entre el momento en que la línea roja salta hacia arriba (se hace un pedido) y el momento en que se une con la azul (llega el pedido).

El gerente puede visualizar si el tiempo muerto está retrasando las órdenes, haciendo que lleguen después de que se acaba el inventario (caso de la política “tq”).

## 5.8 Sensibilidad a la caducidad

Ahora, se introduce una caducidad de 15 días en la política C (tZ). Este tiempo se utiliza debido a que el lote tenderá a permanecer 31 días en inventario, por lo que caducará antes de cada pedido facilitando la visualización de este hecho.

Las medidas de desempeño para esta política con caducidad están en la Tabla 20, y una comparación con la misma política para el caso sin caducidad se muestra en las Figuras 12, 13, y 14.

### 5.8.1 Metodología para analizar sensibilidad con el informe de simulación

Se observa que el costo variable de pedir y el costo total aumentan drásticamente de 152.148 a 238.579 BsF, debido a que se tiene que pedir más inventario para amortiguar las pérdidas por caducidad.

El costo fijo de pedir se mantiene constante (porque la revisión es periódica) pero el costo de mantener aumenta un poco (de 5499 a 5842 BsF), debido a desajustes en la política por la caducidad.

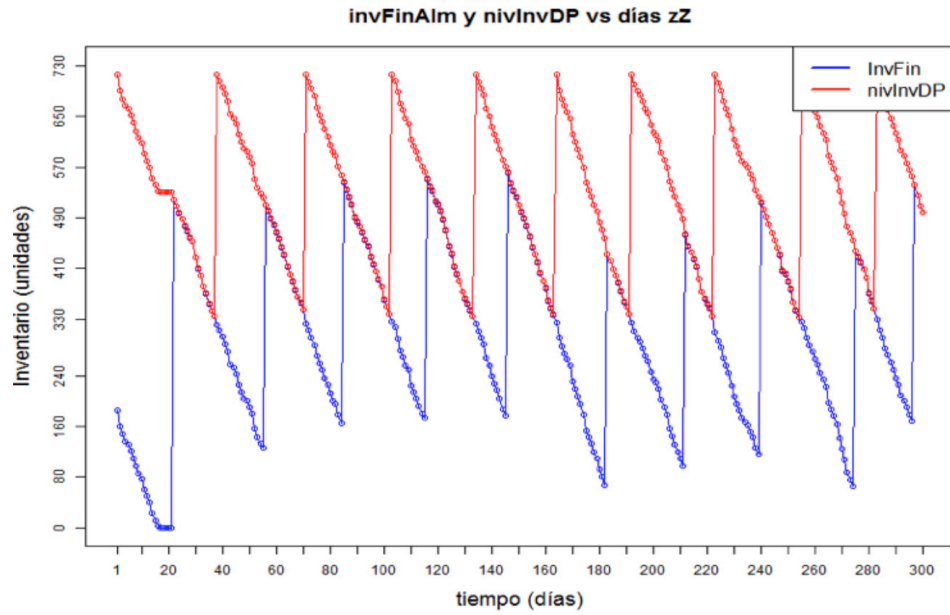


Figura 8: Inventario final y nivel de inventario después de pedir para política A.  
Fuente: Autor (2014)

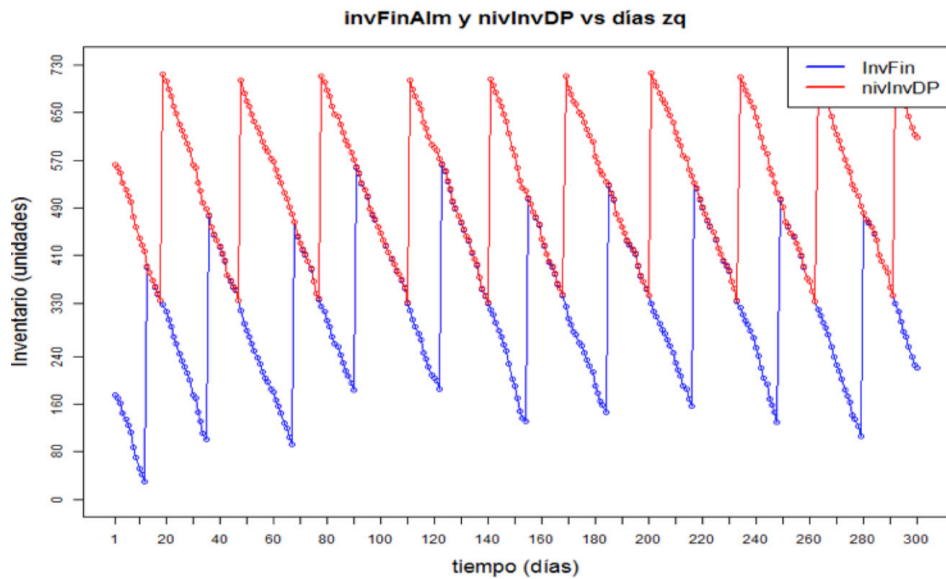


Figura 9: Inventario final y nivel de inventario después de pedir para política B.  
Fuente: Autor (2014)

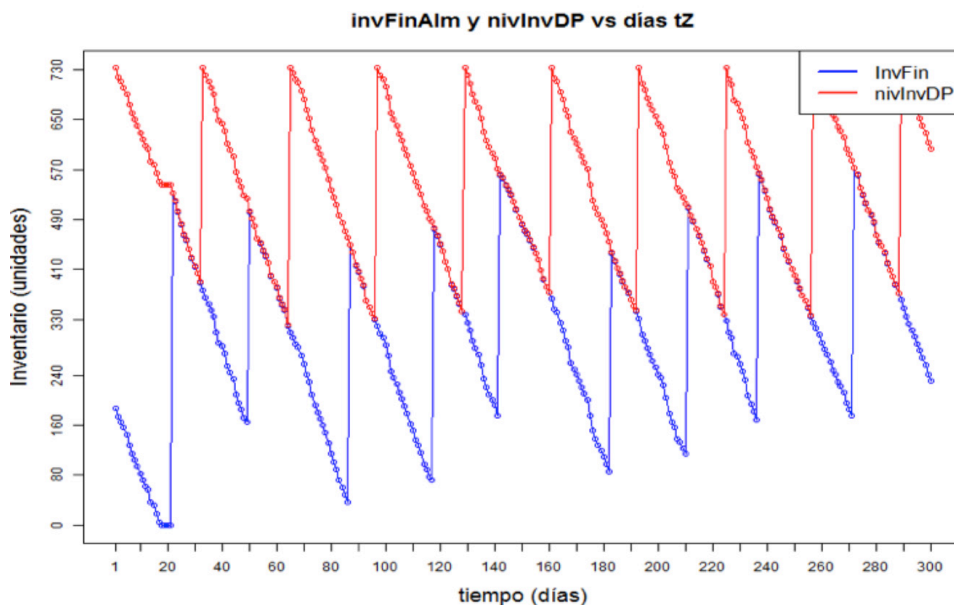


Figura 10: Inventario final y nivel de inventario después de pedir para política C.  
Fuente: Autor (2014)

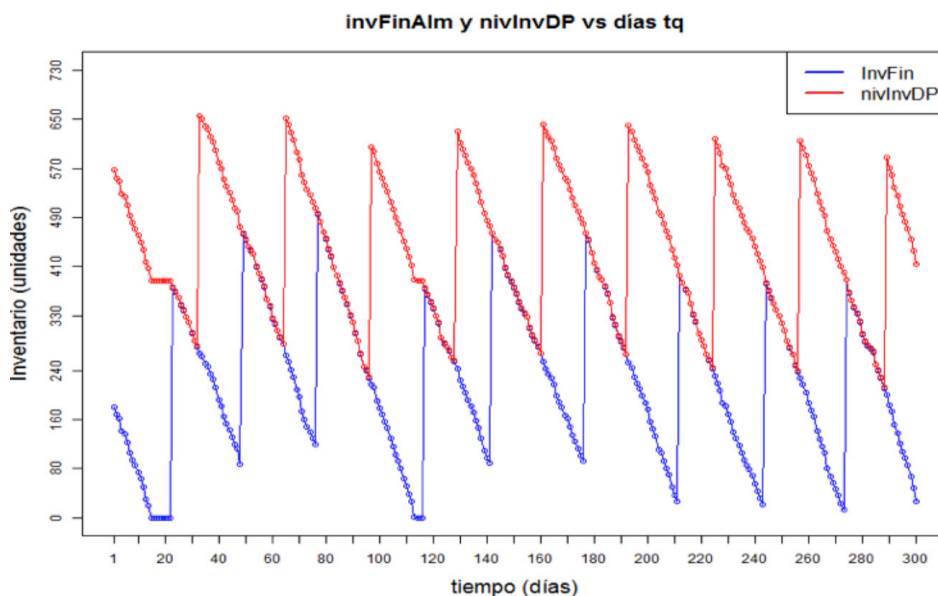


Figura 11: Inventario final y nivel de inventario después de pedir para política D.  
Fuente: Autor (2014)

Tabla 20: Informe de medidas de desempeño, política C (tZ) con caducidad.

Nombre	Tipo	Estad	ctoVarPedir (BsF)	ctoFijoPedir (BsF)	ctoMantener (BsF)	ctoFalt (BsF)	ctoTotal (BsF)	csi(%)	fr(%)	porcentCaduc
C	tZ	media	230.736	2.000	5.842	-	238.579	0,0133	0,4324	0,6842
		desvest	17.658	-	383	-	17.996	0,0346	0,0122	0,0308
		min	190.855	2.000	4.889	-	197.744	-	0,4024	0,5991
		max	250.075	2.000	6.390	-	258.465	0,1000	0,4528	0,7488

Fuente: Autor (2014)



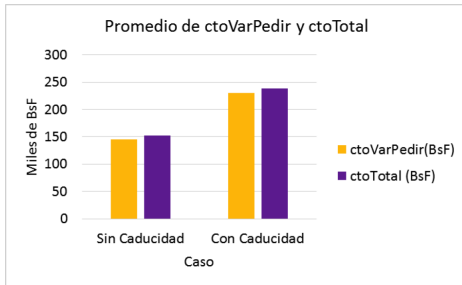


Figura 12: Comparación de costo variable de pedir y costo total, con y sin caducidad.  
Fuente: Autor (2014)

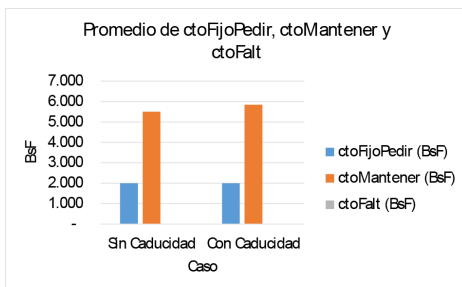


Figura 13: Comparación de costo fijo de pedir, de mantener y de faltantes, con y sin caducidad.

El nivel de servicio disminuye fuertemente de un 94,33% a un 1,3%, mientras que la tasa de surtido baja de 99,53% a 43,24%, indicando ambos que la caducidad genera demasiados faltantes.

En la Figura 15, se ven disminuciones abruptas de ambas líneas de inventario (la roja y la azul) debido a que lotes completos se pierden por caducidad cada 15 días en la simulación.

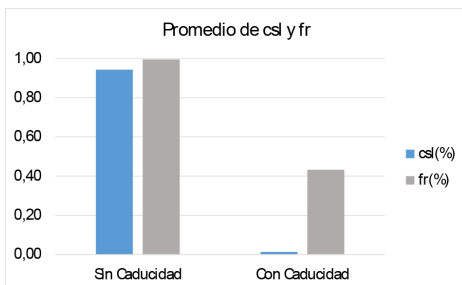


Figura 14: Comparación nivel de servicio y tasa de surtido, con y sin caducidad.  
Fuente: Autor (2014)

### 5.8.1 Metodología para analizar sensibilidad con la gráfica de nivel de inventario

También se observa, que los pedidos no llegan a tiempo y la caducidad lleva a cero el inventario, generando los faltantes. Como los lotes caducan antes de pedir, la cantidad pedida es siempre el nivel de 732 unidades, elevando el costo variable de pedir drásticamente como se analizó en los informes.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Características de los sistemas de inventarios

Los sistemas de inventarios de empresas comercializadoras de bienes de Venezuela suelen utilizar programas ERP para pronosticar la demanda y registrar los niveles de inventario, pero no siempre para planificar las compras (es decir, para diseñar políticas). De hecho la cantidad a pedir se apoya en estos sistemas, pero el cuándo pedir se decide de forma intuitiva.

Los faltantes representan un problema serio, debido a la alta variabilidad de la demanda y las demoras, a la caducidad y a políticas mal diseñadas. Muchos sistemas hacen revisión periódica (políticas “tZ” y “tq”). Se ignora el impacto en costos de las políticas de inventario, especialmente del costo de mantener inventario y el de faltantes.

### 6.2 Variables de los sistemas de inventarios

Los grupos de variables identificadas para el sistema son: las variables de control (que representan las decisiones de cuándo y cuánto pedir, es decir la política), las variables de estado (que describen el sistema en cualquier momento), la variable de tiempo, las variables asociadas a atributos, y las medidas de desempeño (los costos y el servicio al cliente).

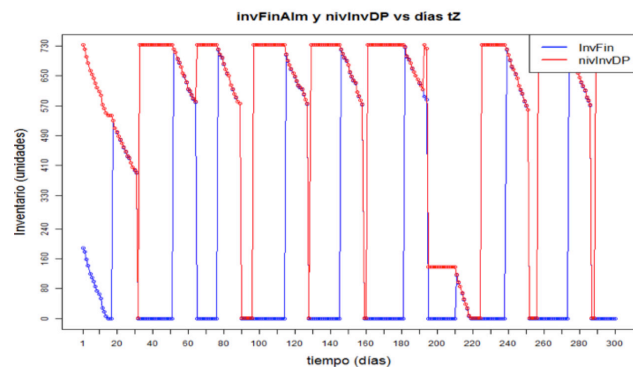


Figura 15: Inventario final y nivel de inventario después de pedir para política C con caducidad.

### 6.3 Relaciones entre las variables

Los grupos de relaciones entre las variables identificadas son: las ecuaciones de variables de estado, ecuaciones de medidas de desempeño (que relacionan la política con el servicio al cliente y con el costo total), y las ecuaciones para el cálculo de buenas políticas.

#### 6.4 Procesos para la gestión de inventarios

Se diseñaron los siguientes procesos para la gestión de inventarios: un algoritmo de recomendación que propone buenas políticas de inventario (según los cuatro tipos definidos: “zZ”, “zQ”, “tZ” y “tQ”), y un algoritmo de simulación que simula el desempeño del sistema bajo cualquier política especificada.

#### 6.5 Desarrollo de aplicación informática

Se desarrolló una aplicación informática, basada en hojas de cálculo de MS Excel y en el entorno de desarrollo RStudio que permite obtener resultados rápidos respecto a los cuatro tipos de políticas utilizados, facilitando la toma de decisiones al gerente de inventarios.

Comprobación del funcionamiento de la aplicación

Se utilizó la aplicación para analizar el flujo de inventario de un producto, dados sus parámetros de costos, restricciones, demanda y demoras. Se procedió a obtener políticas recomendadas para el producto y a simular el desempeño de las mismas, generando los informes y gráficos respectivos. Se analizó la sensibilidad del sistema cuando hay caducidad y se mencionaron posibles soluciones aplicables para controlar el exceso de faltantes. Luego se dieron directrices para realizar análisis de sensibilidad, y se explicó qué puede extraerse de los informes de simulación.

#### 6.7 Recomendaciones

Con esta nueva herramienta, se podrá realizar la gestión de inventarios con mayor versatilidad de selección de políticas, visualizando rápidamente el impacto que la aleatoriedad y las decisiones tiene en los costos. Para futuras investigaciones, se puede adaptar y validar el modelo a otros casos particulares, incorporar los sistemas de múltiples productos, y redes de cadenas de suministro.

### 7. REFERENCIAS

---

- [1] Taylor B (2009). “Introduction to management Science”. Mexico, Pearson, 2009, pp (758).
- [2] Alonso, A et al. “Un estudio de la gestión de inventarios en Venezuela”. Revista de la facultad de ingeniería U.C.V. Caracas, Venezuela. 24, pp (83-93), julio 2009.

- [3] Diaz E, Monzon J. (2010). “Mejora de la gestión de inventario para el almacén de la dirección de servicios generales de la UCAB. Trabajo grado de licenciatura. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- [4] Itriago G, Jardim J. (2010). “Mejoras a la gestión de inventarios de un centro de distribución secundario de una empresa de productos de consumo masivo”. Trabajo grado de licenciatura. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela.
- [5] Chopra S., Meindl P. “Administración de la cadena de suministro”. Mexico, Cengage, 2009, pp (3-5, 262-267, 304-315).
- [6] Collier D., Evans J. “Administración de operaciones”. Mexico, Pearson, 2009, pp ().
- [7] Naddor E. “Inventory Systems”. New York, John Wiley & Sons Inc, 1996, pp (3-5, 262-267, 304-315).
- [8] Nahmias, S. “Análisis de la producción y las operaciones”. México, McGraw Hill, 2007, pp (3-5, 262-267, 304-315).
- [9] Ballou, R. “Logística. Administración de la cadena de suministro”. México, Pearson, 2004, pp (3-5, 262-267, 304-315).
- [10] Ross, S. “Simulación”. México, Pearson, 1999, pp (3-5, 262-267, 304-315).