



# DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN DE OPERACIONES DE LA CADENA DE SUMINISTRO DEL SECTOR FARMACÉUTICO VENEZOLANO

■ Fontana Burgos, Judith Elena.

email: judithfontanab@gmail.com

Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela

■ Peña Blanco, Diego.

email: pena.diego@gmail.com

Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela

Fecha de Recepción: 09 de febrero de 2010

Fecha de Aceptación: 15 de marzo de 2010

## RESUMEN

Este artículo comprende el desarrollo de un modelo de simulación de operaciones de la cadena de suministro de una empresa farmacéutica venezolana. El estudio comienza desde la planificación de la compra de la materia prima hasta el despacho del producto terminado, pasando por todas las etapas de la cadena de suministro.

En los últimos años Venezuela ha experimentado profundos cambios políticos y económicos, que han impactado notoriamente en la cadena de suministro, obligando a las empresas farmacéuticas venezolanas a cambiar consecutivamente sus políticas de gestión, las cuales repercuten en los sistemas de inventario. Se realizaron diferentes escenarios para evaluar la situación actual que presentan las empresas farmacéuticas de nuestro país, mediante cinco (5) modelos de simulación de operaciones. Se desarrollaron tres (3) de estos modelos con situaciones ideales para lograr comparar distintos contextos, ejecutados bajo la filosofía de Justo a Tiempo. Los otros dos modelos se trabajaron con variables reales y diferentes políticas de inventario. Para cada uno de los modelos se pronosticó la demanda según el escenario. La empresa seleccionada fue Laboratorios Farma, de la cual se pudo contar con datos históricos sobre la demanda, los tiempos de entrega, procesos logísticos, y más. Dichos datos sirvieron para el desarrollo del modelo.

Los resultados obtenidos en el estudio son los inventarios y compras por meses de materia prima y la cantidad de unidades vendidas, la cual se comparó

con la demanda real. Los resultados confirman la necesidad de mantener niveles de inventario superiores a la demanda, produciendo el encarecimiento del proceso. Esta necesidad es en previsión de cubrir el vacío que se puede originar en la cadena de suministro por causas que se escapan al manejo propio de la empresa.

**Palabras clave:** simulación, cadena de suministro, costo, tiempos de reposición.

## **DEVELOPMENT OF A MODEL FOR SIMULATION OF OPERATIONS OF THE SUPPLY CHAIN OF VENEZUELAN PHARMACEUTICAL SECTOR**

### **ABSTRACT**

This research develops a supply chain simulation model for a Venezuelan pharmaceutical company. The model considers all the operations involved in the supply chain, starting with the material requirement planning until the final product delivery.

In recent years, Venezuela has undergone important political and economic changes with significant impact on the supply chain. Therefore, Venezuelan pharmaceutical companies have been forced to review their replenishment policies, affecting the inventory system and the supply chain as a whole. The research aims to evaluate the supply chain's lead time under three different scenarios. These scenarios are defined by the political and economic changes mentioned before. All three scenarios originate simulation models based on theoretical lead times (Just In Time), and two of them originate simulation models based on real lead times. In total five different simulation models were developed.

Demand forecasts and other model assumptions for each scenario were based on Laboratorios Farma's historic records on demand, lead times, logistics processes among others. These forecasts and assumptions were used with the respective simulation model in order to get purchasing, inventory and sales

levels which were compared with real data. Results confirmed the need to maintain higher inventory levels, causing an increase in operation costs, but with the benefit of anticipating eventual gaps due to causes not under the company management control.

**Key Words:** simulation, supply chain, cost, lead times.

## 1. EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del Problema

Actualmente, el buen manejo de la cadena de suministro ha pasado a jugar un papel muy importante debido a la necesidad de reducción de costos y la incorporación de mejoras recurrentes en la empresa. Es importante recalcar que las funciones de planificación, control y organización de la empresa han sido estudiadas por mucho tiempo, pero hasta ahora no se ha investigado cómo interactúan los costos asociados a la cadena de suministro.

Uno de los objetivos que persigue toda empresa es ser competitiva, lo cual se puede lograr mediante la reducción de costos, sin perjuicio de la calidad. A lo largo de la cadena de suministro, se busca localizar dónde se causan cada uno de los costos, y así determinar cuáles se podrían minimizar. Uno de los problemas más sobresalientes que presentan los sectores de la industria venezolana, en especial el sector farmacéutico, es lograr vincular la cadena de suministro con la variable costo, tomando en cuenta los diversos factores externos que le afectan.

Por lo antes expuesto, se persigue realizar el estudio de la cadena de suministro a través de un esquema de simulación de operaciones con el fin desarrollar escenarios en donde se puedan anexar los factores exógenos claves que se diferencian de una cadena de suministro típica. Actualmente en Venezuela, existen factores que afectan directamente a la cadena de suministro, entre los cuales están: el control de cambio a través de la Comisión de Administración de Divisas (CADIVI), normativas y regulaciones del Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología e Industrias Intermedias y la situación aduanera. A raíz de este problema, surge la necesidad de realizar el presente estudio en el que se desea desarrollar un modelo de simulación de operaciones de la cadena de suministro de una empresa del sector farmacéutico venezolano con el fin de analizar los costos involucrados en la misma.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

“Desarrollo de un modelo de simulación de operaciones de la cadena de suministro del sector farmacéutico Venezolano”.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los procesos de la cadena de suministro de la empresa.
- Describir los elementos de planificación de la cadena de suministro.
- Distinguir los diversos costos de la cadena de suministro.
- Definir el modelo de simulación de la función planificación y costos de la cadena de suministro para una empresa del sector farmacéutico.
- Verificar y validar el modelo de simulación a través de un análisis de sensibilidad, seleccionando una empresa del sector farmacéutico venezolano.
- Analizar los costos implicados en la planificación de la cadena de suministro de la empresa a través del modelo de simulación.

## 3. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Tipo de Investigación

Según las características del problema anteriormente planteado, el presente estudio es investigación del tipo factible, que Miriam Balestrini (2006) lo define como:

Están orientados a proporcionar respuestas o soluciones a problemas planteados en una determinada realidad: organizacional, social, económica, educativa, etc. En este sentido, la delimitación de la propuesta final, pasa inicialmente por la realización de un diagnóstico de la situación existente y la determinación de las necesidades del hecho estudiado, para formular el modelo operativo en función de las demandas de la realidad abordada. (p. 8).

### 3.2 Diseño de la Investigación

En relación al objetivo general y a los objetivos específicos anteriormente planteados, el Diseño de la Investigación del presente estudio es de Campo, definido por Miriam Balestrini (2006) como:

“(...) permiten establecer una interacción entre los objetivos y la realidad de la situación de campo; observar y recolectar los datos directamente de la realidad, en su situación natural; profundizar en la comprensión de los hallazgos encontrados con la aplicación de los instrumentos; y proporcionarle al investigador una lectura de la realidad objeto de estudio más rica en cuanto al conocimiento de la misma, para plantear hipótesis futuras en otros niveles de investigación”. (p. 132)

### 3.3 Descripción de la Cadena de Suministro de la Empresa

El levantamiento de la cadena de suministro se llevará a cabo a través de la observación directa y entrevistas con especialistas, entre otros, para así poder realizar el modelo de la cadena de suministro de Laboratorios Farma con los detalles requeridos de las distintas áreas de la empresa.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de la recolección

Para poder cumplir exitosamente los objetivos planteados es importante mencionar las técnicas que se utilizarán para desarrollar el modelo de la cadena de suministro de la empresa farmacéutica. Las técnicas utilizadas para desarrollar el presente trabajo son:

- Diagramas de Pareto
- Diagramas de flujo
- Técnicas de simulación en el Software Rockwell ARENA 7.0.

### 3.5 Validación del Modelo de Simulación

Posteriormente se inicia el período de validación, el cual consiste en demostrar que el modelo realizado se asemeja a la realidad comprobando si los procesos involucrados en la cadena de suministro arrojan datos similares a los datos reales. Se utilizará Microsoft Excel y Output Analyzer.

## 4. SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1 Descripción de la Cadena de Suministro Actual

A continuación se describe de manera detallada la cadena de suministro actual de una empresa farmacéutica venezolana en la cual se pueden identificar los tres flujos característicos de toda cadena de suministro. Consta básicamente de:

- solicitud de materiales a los proveedores
- llegada del material a la planta
- almacenamiento y producción
- despacho del producto terminado a la unidad de negocio.

Dicha cadena de suministro se ve afectada por la situación actual venezolana debido a que existen restricciones y requisitos, con cambios muy frecuentes, que

han distorsionado los tiempos de reposición, costos de inventario, incumplimientos de entregas, cambios en la programación, entre otros.

### 4.2 Proveedores

Los proveedores son una figura elemental dentro de la cadena de suministro, debido a que recibe la orden de compra, cumple con unas especificaciones de calidad y con los requisitos fijados con la empresa. Existen tres tipos de proveedores:

- Proveedor Nacional: es aquel que tiene productos nacionales únicamente.
- Proveedor Internacional: está localizado en el exterior y tiene productos importados.
- Proveedor de Importación con Intermediarios: es aquel proveedor que se encuentra en territorio nacional, pero importa su mercancía.

La empresa seleccionada cuenta con proveedores diversos. Para algunas materias primas existen proveedores fijos, o de confianza que son aquellos que ya tienen tiempo trabajando para la empresa, y que proporcionan en forma exclusiva determinado tipo de materia prima o material de empaque. Hay otros materiales que no presentan un proveedor en especial, en este caso se necesita cotizar a varios proveedores. En la actualidad, es elemental establecer una buena relación con los proveedores.

### 4.3 Dirección de Operaciones

La Dirección de Operaciones es la encargada de dirigir y administrar las Gerencias de Logística, Procura, Producción, Control de Calidad y Recursos Humanos.

### 4.4 Gerencia de Logística

Debido al entorno regulatorio y económico cambiante, y a la altísima dependencia de importaciones de bienes y servicios de Venezuela, la Gerencia de Logística juega un papel fundamental pues para lograr sus objetivos y mantener la continuidad de las operaciones de la empresa, es vital establecer estrategias de suministro que anticipen en lo posible futuros problemas buscando diversas soluciones, lo cual demanda de equipos de trabajo con mucha creatividad y orientación al logro.

El funcionamiento de la Gerencia de Logística ocurre de la siguiente forma: el proceso se inicia con el pronóstico de Ventas y Mercadeo, el cual es enviado a la Gerencia de Logística, y ésta se encarga de efectuar la traducción del mismo en tamaño de lotes de producción.

Posteriormente se ejecuta la explosión de materiales y se elabora la solicitud de pedidos de materia prima y/o material de empaque al Dpto. de Procura. Se ejecuta la compra y es debidamente recibida y aprobada por Calidad. Luego, el Dpto. de Logística emite la orden de Producción y envía la solicitud de los insumos al almacén. Finalizada la fabricación, el Dpto. de Producción entrega a Logística los productos terminados localizados en el Almacén en Tránsito y es retirado al almacén de productos terminados.

Con el control de cambio implementado desde febrero del 2003, se establece la regulación de divisas y se inicia la solicitud de una serie de recaudos que aumentan los tiempos de reposición. La Gerencia de Logística se ve afectada actualmente debido a que desde el año 2007 han tenido que cambiar bruscamente los tiempos de reposición, los cuales se resumen en la Tabla N° 1, donde se pueden observar los cambios drásticos que se han realizado en tan poco tiempo sobre los lead time (LT).

**Tabla 1: Tiempos de Reposición**

Hasta el 2007	LT	2008	LT	Inicios del 2009	LT
Materia Prima	90 días	Materia Prima	120 días	Materia Prima	150 días
Material Empaque	60 días	Material empaque	90 días	Material empaque	120 días
Estuchería	45 días	Estuchería	45 días	Estuchería	60 días

El Dpto. de Logística presenta tres meses de periodo congelado. Esto quiere decir que la planificación de la producción de los insumos tanto de materia prima como material de empaque, para estos tres meses, no pueden ser modificados, a menos que Planificación de la Demanda, realice un pedido tardío; en este caso se permite una alteración del requerimiento siempre y cuando Logística determine que dispone de los materiales y Producción acepte modificar la estrategia de producción. Debido a los problemas de suministro planteados anteriormente, no se cumplen los tres meses del periodo de congelamiento debido a las constantes interrupciones en el sistema de Planificación por déficit de materiales que no llegan en su lead time requerido.

#### 4.5 Almacén de Insumos

El Almacén de Insumos es el lugar donde se deposita tanto la materia prima como el material de empaque. Se encarga de la recepción del material y de entregarle

al Área de Dispensado los materiales necesarios para Producción.

#### 4.6 Gerencia de Procura y Exportación

La Gerencia de Procura y Exportación está dividida en dos departamentos: Compras Locales y Compras Internacionales. Dicha gerencia se encarga de la compra de todo tipo de materiales, entre los cuales están: materia prima, materiales de empaque, misceláneos, reactivos, materiales tecnológicos y repuestos. Para la compra de materia prima y material de empaque, se necesita la solicitud de orden de compra realizada por Logística; una vez hecha la solicitud de compra, se elige el proveedor. Para la compra de misceláneos y repuestos se deben realizar como mínimo tres cotizaciones de distintos proveedores con el fin de evaluar precio, calidad y lead time. Dependiendo del monto de la compra se necesita la firma del Gerente, o del Director y el Gerente del área. Luego se realiza la orden de compra, seguidamente se le hace un seguimiento al producto. En el momento de la recepción del material, se realiza al material recibido una prueba de calidad que puede ser fisicoquímica o microbiológica, dichas pruebas son muy rigurosas, ya que estamos hablando de productos que pueden tener impacto negativo en la salud del cliente final. Al ser aprobado el material, es trasladado al Almacén de Insumos. Una vez que el material se encuentra en el almacén, el departamento de Almacén de Insumos envía la factura al Dpto. de Finanzas, para proceder al pago de los proveedores.

El proceso descrito anteriormente es válido tanto para compras locales como para compras internacionales. La única variante, para el caso compras internacionales, la cual se corresponde al 97% de los materiales utilizados, es que actualmente en Venezuela existe un régimen de control de cambio, que hace más complejas las operaciones tanto de importación como de exportación. El Gobierno exige continuamente nuevos requisitos que incrementan los tiempos y costos para realizar una importación, ya que se requiere, previo a la firma de la orden de compra, obtener el Código Arancelario del insumo o material a importar y, dependiendo del Régimen Legal del mismo, se puede requerir adicionalmente Permiso de Importación, Certificado de No Producción Nacional o de Insuficiencia de Producción Nacional (CNP), Certificado de exención de IVA. Algunos rubros requieren de Permisos Sanitarios de Importación. Con todos estos prerrequisitos se solicita a CADIVI la autorización de adquisición de divisas (AAD). Con esta autorización de adquisición de divisas puede ser despachado el material. Cuando el material llega a

puerto o aduana venezolana, una vez ejecutados todos los trámites se requiere de la inspección de CADIVI para las importaciones que se hacen a través de CADIVI, y luego hacer la introducción en el Operador Cambiario (Banco) de la Autorización de Liquidación de Divisas (ALD). CADIVI procesa esta solicitud de Liquidación Divisas y aprueba o desaprueba parcial o totalmente la operación de pago con divisa extranjeras. Para las deudas no cubiertas por las transacciones de CADIVI se debe recurrir al mercado de bonos de permuta de Títulos Valores, ya que es el único instrumento de cambio adicional a CADIVI que no está penado en la Ley de lícitos Cambiarios.

Una de las dificultades más importantes son los tiempos de pago, lo cual requiere que los acreedores, de alguna manera permitan términos de pago inusualmente largos de 180 días e incluso más, esto por supuesto encarece enormemente todo el proceso de compra y requiere un constante monitoreo en interacción con los acreedores.

Toda esta situación de control de cambio, requiere estrategias diferentes a las utilizadas en una economía con mayor libertad que la actual venezolana; como por ejemplo alternar las compras con varios proveedores para poder dar continuidad a las recepciones de materias primas y material de empaque.

Actualmente, todo este proceso descrito anteriormente para compras internacionales ha sido alterado debido a que el otorgamiento de divisas se ha retrasado por la falta de disponibilidad de divisas por parte del Gobierno Nacional.

#### 4.7 Gerencia de Producción

La Gerencia de Producción consta de tres departamentos: el Departamento de Sólidos (que se encarga de la fabricación de tabletas, cápsulas y granulados); Departamento de Líquidos (que se encarga de la realización de suspensiones, jarabe y soluciones), y por último el Departamento de Empaque (que es el encargado de realizar los empaques de sólidos y líquidos). Tanto en el departamento de Sólidos como en el departamento de Líquidos, posterior a la preparación de la forma farmacéutica final se realiza el envasado primario para luego pasar al Dpto. de Empaque donde se hace el empaque secundario y final. Producción comprende de distintas actividades, maquinarias, costos, mano de obra, con el fin de lograr la elaboración de un producto; adicionalmente ejecuta el plan maestro de producción de la empresa. Para iniciar la producción, el Dpto. de Logística envía una orden al Almacén de Insumos y al Dpto. de Producción

en donde se especifica la orden a producir, los lotes y las cantidades necesarias. Producción planifica en base a la orden enviada por Logística. El Almacén de Insumos le entrega al Área de Dispensado los insumos que necesitará Producción para poder cumplir con la orden suministrada. El Área de Dispensado se encarga de detallar, pesar y preparar los insumos. Esta área presenta un aire previamente tratado, con control de temperatura, humedad y presión, con el fin de evitar contaminación y mantener la calidad del producto. Luego, los insumos son despachados al área de Producción para iniciar la fabricación del producto.

La Gerencia de Producción ha sido afectada por todos los problemas planteados anteriormente, de tal manera que han tenido que realizar cambios en la programación continua, con el fin de no detener las líneas de fabricación por falta de materiales.

#### 4.8 Departamento de Calidad

El departamento de Control de Calidad se encarga de elaborar las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas, tanto a la materia prima, como al producto en proceso y al producto terminado. Dicho departamento cuenta con un personal altamente capacitado para asegurar que el medicamento sea de calidad.

#### 4.9 Gerencia de Finanzas

Es el encargado de hacer seguimiento al cumplimiento de los acuerdos establecidos por el Dpto. de Procura en cuanto a la cancelación al proveedor de los insumos adquiridos.

#### 4.10 Almacén de Producto Terminado (*outsourcing*)

El almacén de producto terminado es *outsourcing*, es decir que la empresa no distribuye sus productos, sino que lo realiza una compañía contratada externa, que se encarga de todo el almacenamiento y distribución de todos los productos terminado. La empresa externa retira del almacén de tránsito los productos terminados y los transporta a sus instalaciones en la ciudad de Valencia. Los productos transportados normalmente se encuentran en status de cuarentena esperando aprobación por parte de control de calidad.

## 5. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

### 5.1 Diseño del Modelo

El presente trata del diseño, construcción y validación del modelo de simulación de la cadena de suministro de Laboratorios Farma, y está dirigido para analizar la variable costos y planificación.

En primer lugar, se analizan los productos en relación al Valor de Uso su demanda y su precio. Seguidamente, se muestran las materias primas y material de empaque utilizadas en la elaboración. Se determina el proceso, se realiza el diagrama y se elaboran escenarios que serán los que se utilizarán durante la simulación. Sigue un primer análisis con datos reales para comprobar que la simulación se asemeja a la realidad, lo que valida el proceso y es entonces cuando se procede a la simulación de los escenarios propuestos.

Para el diseño del modelo se seleccionaron dos líneas de productos: la línea CALCIBON y la línea TERAGRIP. Estas líneas conforman los productos tipo A, puesto que representan aproximadamente el 50% de la venta del Grupo Farma. Cabe destacar que Laboratorios Farma los denomina "Productos Estrella". Para esta selección se aplicó un Diagrama de Pareto al Valor de Uso de cada producto.

Para la elaboración del Diagrama de Pareto se emplearon los datos de la demanda y los precios de comercialización a mayoristas, para el período comprendido entre los años 2006 - 2010 de las líneas Calcibon y Teragrip respectivamente. Luego se calculó el Valor de Uso, el cual resulta de la multiplicación de los valores de precio y demanda. Seguidamente se calcularon los porcentajes que tienen los diferentes productos en relación al Valor de Uso y se realizó el Diagrama de Pareto para cada línea de producto.

En la Figura N° 1 se aprecia el Diagrama de Pareto para la Línea Calcibon y se puede detallar que los productos tipo A son: Calcibon Natal y Calcibon Magnesio, los cuales presentan un 48% y un 15% de Valor de Uso respectivamente. Nótese que el Calcibon Natal presenta un alto porcentaje de Valor de Uso puesto que es el producto que posee mayor demanda en el mercado.

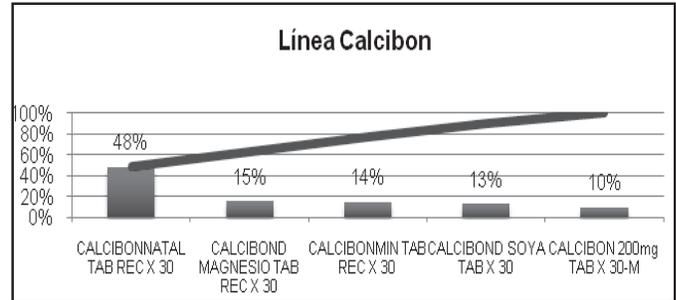


Figura N° 1: Diagrama de Pareto, Línea Calcibon

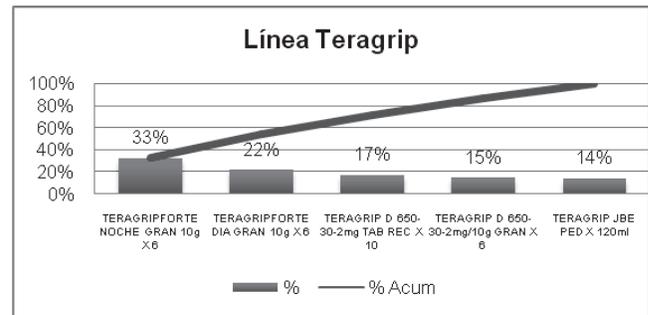


Figura N° 2: Diagrama de Pareto, Línea Teragrip

La Figura N° 2 es el Diagrama de Pareto para la línea Teragrip. Se observa que los dos productos con mayor porcentaje son el TeragripForte Noche (6 sobres) y TeragripForte Día (6 sobres), con un Valor de Uso porcentual de 33% y 22% respectivamente. A pesar de que ambos tienen el mismo precio, el TeragripForte Noche muestra una mayor demanda y por tanto su Valor de Uso es mayor.

Luego de la recolección de datos para cada una de las actividades involucradas en la cadena de suministro, se procede a la construcción del modelo de simulación en el Software ARENA 7.0.

Para la obtención del análisis del modelo, se deberán efectuar diferentes escenarios con el fin de poder obtener soluciones a los problemas presentados ante la situación cambiante del país, descrita anteriormente. Los escenarios planteados son:

- Tiempos de reposición para el año 1998, sin control de cambio de divisas.
- Tiempos de reposición hasta Diciembre del año 2008, con control de cambio de divisas y con bonanza económica.
- Tiempos de reposición actuales, con control de cambio de divisas y crisis mundial.

Por lo antes descrito, se plantea realizar cinco modelos de simulación de la cadena de suministro, en donde

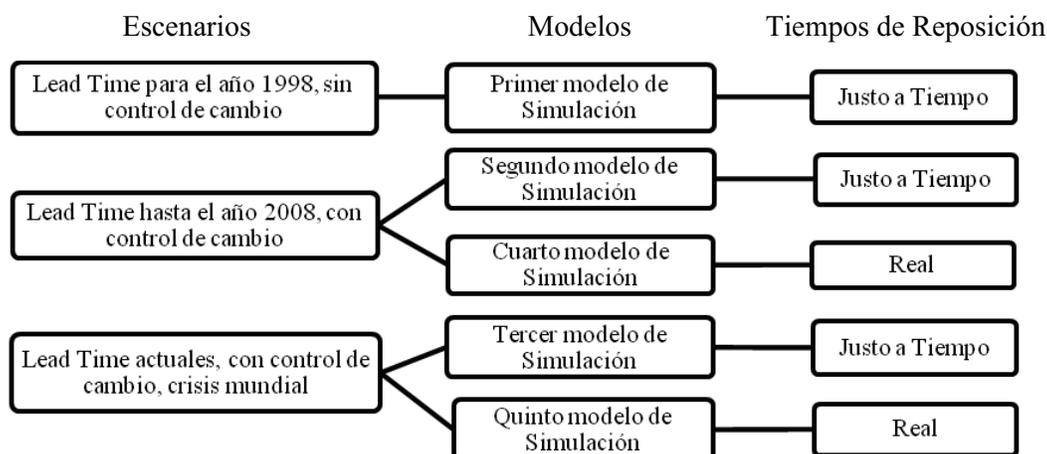


Figura N°3: Esquema

los primeros tres modelos son desarrollados bajo la filosofía Justo a Tiempo (JIT: Just in Time), es decir que los tiempos de entrega del material son entregados en el tiempo preciso. Estos escenarios se dieron en Venezuela antes del control de cambio de divisas. En los dos últimos modelos se toma en cuenta la variabilidad de la fecha de llegada del pedido debido a las dificultades que se presentan actualmente con las importaciones en Venezuela.

En la Figura N° 3 se observa el esquema planteado para la realización de los modelos de simulación, se reflejan los escenarios, los modelos a simular y el tiempo de reposición.

El primer modelo que se presenta es un modelo ideal, desarrollado con los tiempos de reposición manejados por la empresa hasta el año 1998. El segundo modelo de simulación (correspondiente al período entre los años 1999 – 2008) está basado en tiempos de reposición proporcionados por la empresa, los cuales son superiores a los anteriores tan sólo un 33%, a pesar de contar con un control de cambio de divisas, CADIVI, y la situación aduanera. El tercer modelo se fundamenta en la situación del año 2009, unos tiempos de reposición aún mayores, con un 66% de incremento respecto al año 1998, como consecuencia de la situación aduanera, el control de cambio de divisas, CADIVI, la crisis económica y todos los requisitos relacionados a la importación. En la Tabla N° 1, se pueden observar los datos que se utilizarán en los primeros tres modelos de simulación explicados anteriormente. El cuarto y el quinto modelo se comparan los lead times, suministrados por el Dpto. de Logística, con el tiempo real en que llega el material el cual se calcula desde que surge la necesidad hasta que llega a las instalaciones de la empresa como se muestra en la Tabla N° 2.

Tabla 2: Tiempos de Reposición Reales

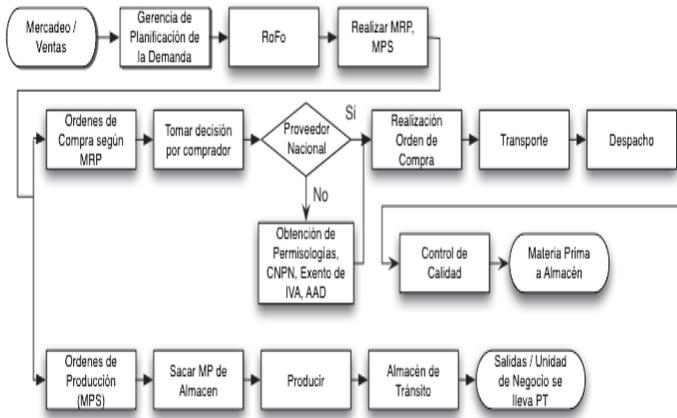
COD	Lead Time REAL
P0366	T(38,110,143)
P0365	T(19, 90, 134)
P0186	26,5
P0241	65,5
P0001	62,00
P0315	27
P0117	T(15,96,113)
P0185	T(47,95,103)
P0029	T(25,37,150)
P0140	
P0363	T(5,70, 154)
P0499	43,00
P0099	T(19,96,126)
P0283	T(75, 90, 162)
P0364	88,00
P0246	83
P0045	T(4, 80, 128)
P0188	T(2, 25, 53)
P0014	15
P0307	97,5
P0319	63,50
P0308	46,5
P0568	T(18, 36, 82)
P0318	126,00
P0098	44
E117600	T(30,120,126)
E182800	T(30, 120, 120)
E200600	50
E200500	69
E166901	40,5
E142802	71,67
E158501	T(78,87,138)
E158601	T(78, 87, 119)
E142702	T(35,61,79)
E189502	T(84, 91, 147)
E189302	T(49,55,88)
E190002	T(29, 72,147)
E189802	T(49,61,84)

En ella se observa diferentes valores de tiempo de reposición, expresado en días, para un mismo material. Esto se debe a que ocasionalmente el proveedor tiene la mercancía en sus almacenes justo el día en que es solicitado, por lo cual es inmediatamente despachado y en consecuencia los tiempos son los más cortos; en otros momentos se observan tiempos de reposición más altos debido a que pueden existir retrasos por parte de todo lo que engloba la gestión de compras o por la no disponibilidad inmediata del material.

### 5.2 Construcción del Modelo

En la Figura N° 4 se presenta el diagrama que explica esquemáticamente los procesos y actividades que conlleva la cadena de suministro de Laboratorios Farma. Este permite considerar toda la información necesaria para realizar el modelo. El diagrama de procesos precede los modelos de simulación, y lo que varía son las demandas y los tiempos de reposición.

Con base en este diagrama se procedió a modelar en el Software ARENA.



**Figura N° 4: Diagrama de Procesos de la Cadena de Suministro de Farma**

Una vez terminado el modelo se calcula el número de repeticiones, obteniendo los siguientes resultados:

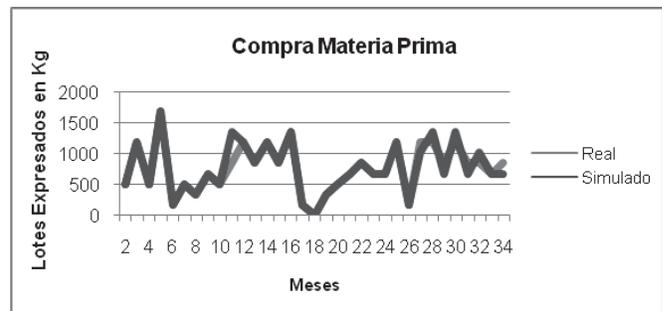
$Z_p = 1,96$
$S = 413,62$
$h = 366,95$
$n = 5$ repeticiones

Donde, el valor de S representa la dispersión de los valores de la cantidad de compra de materia simulados.

### 5.3 Validación del Modelo

La validación del modelo consiste en verificar si el modelo presentado se asemeja a la realidad. Esta etapa es una de las más relevantes, ya que a través de la validación se demuestra la credibilidad del modelo realizado.

La validación gráfica consiste en la comparación de la gráfica con los datos reales, suministrados por la empresa, y la gráfica con los datos obtenidos a través de la simulación. Al obtener los datos dentro de un rango, se puede decir que el modelo ha sido validado. Dicha validación se muestra en la Figura N° 5. Los datos que se van a validar son la compras que se realizan de la materia prima para la producción de los productos terminados. En este caso la materia prima seleccionada fue la P0029, la cual tiene un lote mínimo de compra de 168,833 Kg y las compras deberán ser múltiplos de esta cantidad, de acuerdo a lo exigido por los proveedores. Los datos reales son los datos suministrados por la empresa, y los simulados son las compras arrojadas por el modelo. La materia prima seleccionada es utilizada en los cuatro productos.



**Figura N°5: Validación del Modelo**

Se puede constatar a través de la Figura N° 5 que el modelo de simulación refleja la realidad de la cadena de suministro de la empresa debido a que no se muestran errores significativos en las cantidades de compra de la materia prima, lo cual verifica la correcta simulación de la planificación, compra y venta de la cadena de suministro.

La diferencia de picos mostradas en la Figura N° 5 van de 1 a 3 lotes. La diferencia de media y varianzas muestrales no son significativas para el tamaño de lote que se está manejando: 1,34% y 6,21% respectivamente. Esto valida la precisión del modelo, según se puede ver en la Tabla N° 3.

**Tabla 3: Resultados de la Validación**

	Real	Simulado	% Error
Media	762,31	772,54	1,34
Varianza	389,42	413,62	6,21

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

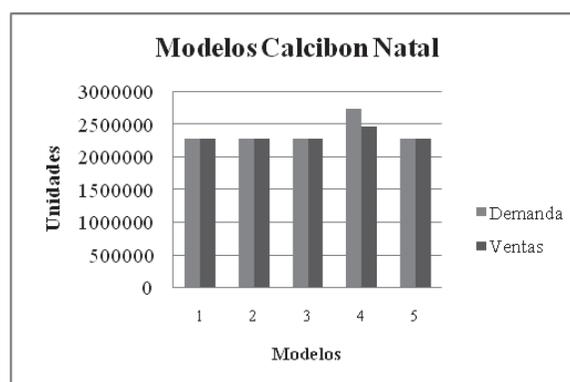
### 6.1 Análisis de Resultados

Los modelos 1, 2, 3 y 5 se realizaron con la misma demanda, pero con distintas políticas de inventario, en los cuales se logró cubrir la demanda, lo que no sucede en el modelo 4 (Ver Tabla 4). La demanda se cubre en los modelos 1, 2 y 3 porque los tiempos de reposición de la materia prima coinciden exactamente con la programación establecida. Los modelos 4 y 5 poseen tiempos de reposición de la materia prima variables. En el modelo 5, que representa la situación actual de la empresa, se logra cubrir la demanda por mantener inventarios altos. En el modelo 4, la demanda del producto terminado excede a la venta por falta de disponibilidad de materia prima por no mantener inventarios altos.

**Tabla 4: Ventas Totales Vs. Demanda Totales**

		Unidades de Producto Terminado	Noche	Día	Natal	Magnesio
MODELOS	1	Demanda Total	2366210	1980806	2268166	752234
		Ventas Realizadas	2366210	1980806	2268166	752234
	2	Demanda Total	2366210	1980806	2268166	752234
		Ventas Realizadas	2366210	1980806	2268166	752234
	3	Demanda Total	2366210	1980806	2268166	752234
		Ventas Realizadas	2366210	1980806	2268166	752234
	4	Demanda Total	1745948	1603013	2731753	806879
		Ventas Realizadas	1745948	1603013	2452377	806879
	5	Demanda Total	2366210	1980806	2268166	752234
		Ventas Realizadas	2366210	1980806	2268166	752234

Para los años posteriores al año 2008, el Departamento de Logística deberá adaptar las políticas de inventario, para poder cubrir la demanda y no perder las ventas por insuficiente producción debido a la falta de materia prima. En la Figura N°6, se demuestra como en el modelo 4 no se logra cubrir la demanda. Si la demanda no es atendida por la empresa por falta de producto terminado, causarían costos adicionales debido a la pérdida por ventas no realizadas. También, se podrían perder puestos en anaqueles lo que podría ocasionar una disminución de clientes y la consecuente pérdida de participación del producto en el mercado.

**Figura N° 6: Gráfico de Barras de las Demandas y las Ventas Totales**

Observando los primeros tres modelos donde se cumple la política de inventarios Justo a Tiempo, vemos que se logra satisfacer la demanda. El Modelo 1 es el que presenta menor inventario, incluso existen meses donde el inventario es cero (0), dado que presenta el tiempo de reposición más bajo, de 90 días. En la Figura N° 7, se puede observar el comportamiento del inventario para el modelo 1. El modelo 2 tiene tiempos de reposición medios. Cuenta con 120 días para materia prima debido a que en el año 2003 se inicia el control de cambio y las diversas limitaciones comentadas anteriormente, por lo tanto presenta tres veces el inventario del modelo 1. Para prevenir cualquier retraso, el modelo 2 presenta 1558 unidades de inventario promedio mientras que el modelo 1 tiene 502 unidades. A pesar de que ambos modelos son Justo a Tiempo se puede observar la diferencia entre ellos en la cantidad del inventario promedio. La Figura N° 8 muestra la curva del inventario para el modelo 2.

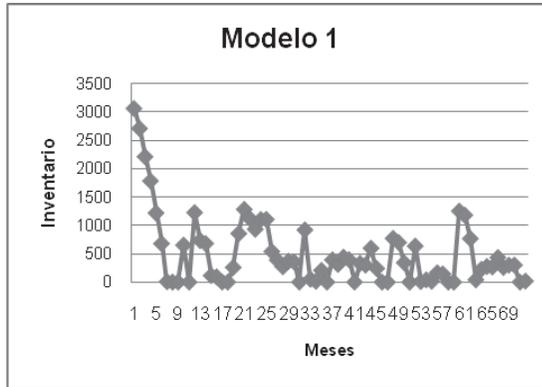


Figura N° 7: Gráfica del Inventario del Modelo 1

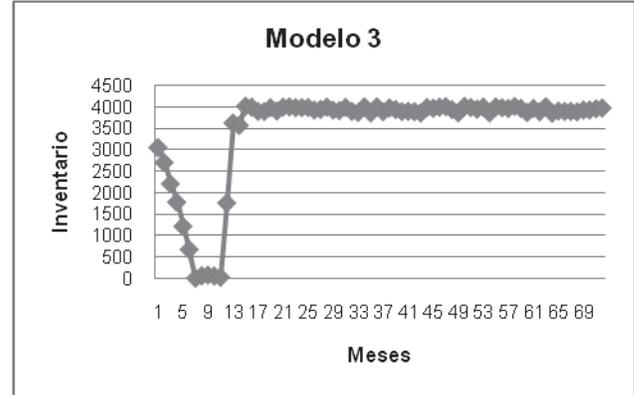


Figura N°9: Gráfica del Inventario del Modelo 3

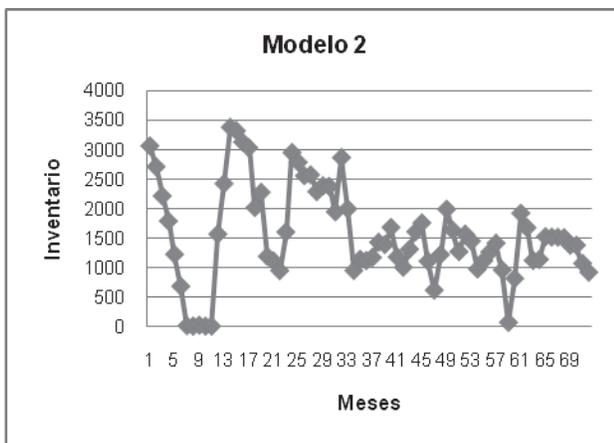


Figura N° 8: Gráfica del Inventario del Modelo 2

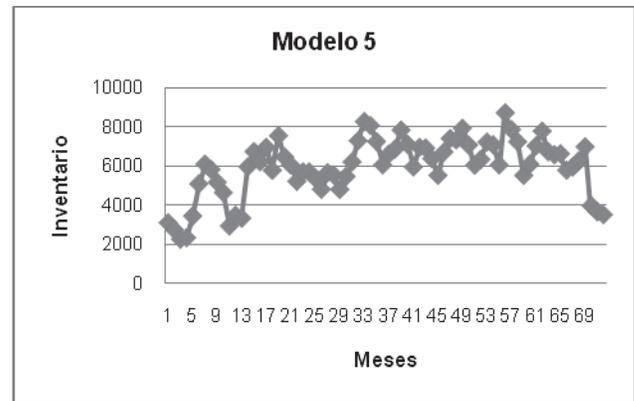
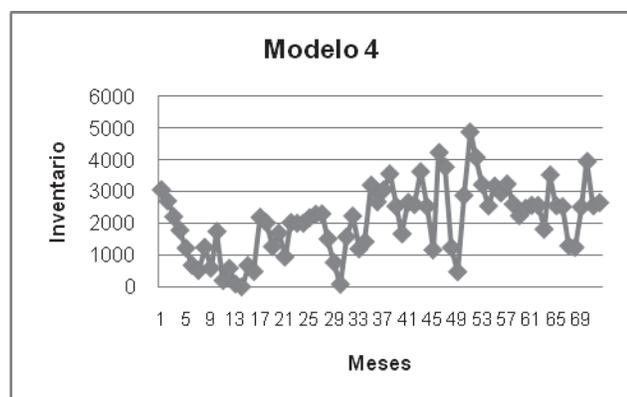


Figura N°10: Gráfica del Inventario del Modelo 5

Los modelos 3 y 5 son muy similares, la única diferencia es que el modelo 3 trabaja bajo la filosofía Justo a Tiempo y tiempo de reposición de 150 días y el modelo 5 con tiempo de reposición real, mostrada en la Tabla N° 2. Esto origina que, los inventarios para el modelo 5 sean casi el doble que los inventarios del modelo 3, debido a que en el modelo 5 se manejan grandes inventarios para satisfacer la demanda en caso de que suceda cualquier contratiempo en el proceso de compra. En la Figura N° 9 se puede observar cómo en el modelo 3 el inventario logra estabilizarse, mientras que en la Figura N° 10 el modelo 5 presenta ciertos altos y bajos, debido a la variabilidad de los tiempos de reposición de la materia prima por las circunstancias señaladas.

El modelo 4, pronostica la situación de la empresa en caso de no haber dificultades para el año 2009, en cambio el modelo 5 pronostica el inventario con datos reales del año. Se puede notar que el inventario promedio del modelo 4 es casi tres veces menor que el inventario promedio del modelo 5, teniendo para el modelo 4 un inventario promedio de 2094 unidades y para el modelo 5 un inventario promedio mensual de 5947 unidades. No sólo se debe a la demanda, sino a las políticas de inventario. En la Figura N° 11 se observa el inventario del modelo 4.



**Figura N°11: Gráfica del Inventario del Modelo 4**

A lo largo de la cadena de suministro existen diversos costos, definidos anteriormente. Los costos se pueden dividir en dos grupos: costos fijos y costos variables.

A continuación, se procederá a realizar el análisis de los modelos planteados anteriormente en relación a los costos variables, debido a que los costos fijos no varían en los diferentes escenarios. Al comparar dichos modelos lo que difiere en ellos son los costos variables, por lo tanto se omiten los costos fijos a lo largo del análisis. Los principales costos variables en la cadena de suministro son aquellos costos que varían en función del inventario.

Los costos variables de inventario se calculan mediante una fórmula propuesta. De los sumandos que se encuentran en la fórmula, costo de mantenimiento y costo de ordenamiento, es probable que el costo total de mantenimiento sea mayor al de ordenamiento dado que éste incluye el precio de la materia prima y el capital.

De dicha fórmula únicamente varían entre los diferentes modelos, el inventario promedio y el número de compras realizadas en el año. Por lo tanto, se analizarán dichas variables para estimar cuál modelo tendría el mayor costo, dado que estas dos variables se multiplicarán por el mismo número en cualquiera de los modelos. Así, estas variables serán las que alteren el costo total del inventario. Se muestra en la Tabla N° 5 para todos los modelos las variables antes planteadas.

**Tabla 52: Resultados de las Variables**

Escenarios	Valor Total de Inventario	Inventario Promedio	N° de Compras
1	36.135	502	63
2	112.156	1558	68
4	150.772	2094	61
3	250.393	3478	69
5	428.174	5947	69

En la Tabla N° 5 se demuestra que los que poseen menor cantidad de meses de inventario en su política tienen menos costo. Por otra parte, si se conoce con certeza la llegada de la materia prima, originarían costos menores como es el caso de la política de inventario Justo a Tiempo, situación que es ideal pero irreal actualmente en Venezuela, ya que los tiempos de reposición varían considerablemente. Si se trabaja con Justo a Tiempo, el modelo que presenta menor costo es el que tiene menor tiempo de entrega, porque se puede almacenar menor cantidad de materia prima en el inventario. Por lo antes mencionado se puede deducir que el modelo 5 presentará mayor costo, debido a que presenta mayor cantidad de inventario promedio.

## 7. CONCLUSIONES

En vista a los resultados obtenidos de los modelos de simulación se puede concluir que:

Se justifica el alto nivel de los inventarios con el fin de cubrir la demanda. Es por ello que el modelo 5 el cual refleja situación actual de la empresa, a pesar de tener tiempos de reposición real logra cumplir con la demanda debido a que se planifica con un inventario de seis meses. Se comprobó que Laboratorios Farma, por ser una empresa de larga data, tener un amplio conocimiento del mercado y estar orientada a satisfacer las necesidades de salud y bienestar de sus clientes, adoptó este modelo.

Las políticas de inventario que se aplican por las condiciones actuales hacen que la cobertura del inventario se desmejore debido a que los tiempos de reposición se hacen más erráticos obteniendo que el inventario promedio del modelo actual (modelo 5) sea 1,7 veces mayor que el modelo con filosofía de Justo a Tiempo (modelo 3).

El control de divisas hasta el año 2008, funcionaba con un flujo más dinámico en el proceso de otorga-

miento de las mismas, y permitía los cumplimientos de los compromisos con los acreedores internacionales en corto tiempo haciendo posible comprar sin retrasos ni penalizaciones por deudas vencidas, esto permitió que los tiempos de reposición fueran menores en un 20% a los que se presentan en la actualidad.

Con controles de cambios rígidos, no se pueden atender las fluctuaciones de la demanda debido a la falta de inventario de materia prima, como sucede en el modelo 4.

Las condiciones presentes en la situación actual, que se escapan del control de la empresa, hacen que los tiempos de reposición sean mayores y que aumenten en forma considerable los costos con respecto a otros modelos, llegando a superar el 100% comparando con las situaciones donde el control de la cadena de suministros está en manos de la empresa. Es el caso del modelo 5 que tiene un inventario promedio mensual de 5947 unidades, lo que representaría más de 6 meses de inventario.

En el modelo 4 se observa en Calcibon Magnesio que la demanda está un 10,23% superior a la venta ocasionado por la falta de inventario de materia prima. Dado ese porcentaje de demanda no cubierta, es conveniente lograr una planificación de políticas de inventario que estén entre los rangos planteados en el modelo 5 y el modelo 4. Lo anterior, ocasionaría disminución de costos y las ventajas inherentes a la satisfacción de la demanda, logrando además atender las fluctuaciones de la misma.

En las gráficas de inventario de los modelos 1, 2 y 3, basados en Justo a Tiempo, se observa lo poco que varía el inventario con respecto a los modelos 4 y 5 basado en tiempos reales. De aquí se concluye que la disminución de los inventarios de materia prima está vinculada a la precisión en la proyección del tiempo de la recepción de la misma sin que influya la extensión de este tiempo.

## 8. RECOMENDACIONES

Conociendo que la empresa tiene el sistema SAP instalado, aprovechar la fortaleza del mismo, teniendo por esa vía, y no de forma manual, los niveles de autorización y aprobación de los Pedidos de Compra, tanto del Director como de los Gerentes de los Departamentos, con el fin de ahorrar tiempo de control administrativo y generación de papeles innecesarios. SAP tiene la fortaleza de generar electrónicamente los documentos y mantener la trazabilidad de modificaciones de cualquier

acción que se ejecute sobre el sistema, permitiendo así soportar las auditorías que fuesen necesarias.

Llevar de manera detallada los tiempos de reposición, tanto de la materia prima en forma individualizada, como de los proveedores, para lograr una mejor planificación y reducir inventarios y costos. Revisar de manera periódica la inteligencia de planificación de materiales en SAP.

Extender el presente artículo a un estudio exhaustivo de costos y distintas formas de planificación, para lograr más eficiencia y reducir los costos.

Hacer el análisis de comportamiento del modelo, con la periodicidad necesaria, tomando en cuenta el entorno regulatorio cambiante, tanto nacional como internacional, y optimizar la velocidad de adaptación requerida, para alcanzar la misión de satisfacer a todos los factores de producción.

Verificar y estudiar los datos de llegada de la materia prima de los proveedores, para obtener un tiempo preciso para la planificación, lograr menor inventario y reducir los costos.

Profundizar el modelo de simulación agregando un estudio con las variables presentes en el departamento de producción para extender y aplicar el estudio para cubrir de manera exhaustiva todos los puntos de la cadena de suministro.

## 9. REFERENCIAS

[1] Balestrini, Miriam. *Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación*. Editorial Textos, C.A. Caracas, 2006. Séptima Edición

## 10. OTRAS REFERENCIAS

- Ballou, Ronald H. *Logística Administración de la Cadena de Suministro*. Prentice Hall. México, 2004. Quinta Edición
- Blanco R., Adolfo. *Formulación y Evaluación de Proyectos*. Editorial Texto. Caracas, 2008. Séptima Edición.
- Chopra, Sunil. MEINDL, Peter. *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*. Prentice Hall. New Jersey, 2001.

- Díaz, Ángel. Gerencia De Inventarios. Ediciones IESA. Caracas, 2007. Cuarta Reimpresión.
- Gaither, Norman. Frazier, Greg. Administración de producción y operaciones. International Thomson Editores. México, 2000. Octava Edición
- Kelton, W.David. Sadowski, Randall. Sturrock David. Simulación con Software Arena. Mc. Graw Hill. México, 2008. Cuarta Edición.
- Mankiw, Gregory. Principios de Economía. Mc. Graw Hill. México, 2004. Tercera edición
- Miller, Finney. Curso de Contabilidad. Segunda Edición.
- Narasimhan, Sim. Mc.Leavey, Dennis. Production Planning and Inventory Control. Prentice Hall. New Jersey, 1998. Segunda Edición.
- Redondo, A. Curso práctico de Contabilidad General y Superior. Editores Centro Contable Venezolano. Caracas, 1998. Tercera Edición.
- Cokins, Gary. How do you measure cost across the supply chain. <http://solutions.iienet.org>. Fuente: Sitio Web, 2000.
- Kalekar, Prajakta S. Time series Forecasting using Holt-Winters Exponential Smoothing. [http://www.it.iitb.ac.in/~praj/acads/seminar/04329008\\_ExponentialSmoothing.pdf](http://www.it.iitb.ac.in/~praj/acads/seminar/04329008_ExponentialSmoothing.pdf). Fuente: Sitio Web, 2004
- Vitasek, Kate. Supply Chain Management terms and glossary. <http://cscmp.org/digital/glossary/document.pdf>. Fuente Sitio Web, 2009
- Wyland, Brad. Buxton, Ken. Simulating the Supply Chain. <http://solutions.iienet.org>. Fuente: Sitio Web, 2000.
- Comisión de Administración de Divisas. [www.cadivi.gov.ve](http://www.cadivi.gov.ve). Fuente: Sitio Web, 2008.
- El Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias. [http://www.mct.gob.ve/Controladores/controlador\\_mct.php](http://www.mct.gob.ve/Controladores/controlador_mct.php)