



**MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA GESTIÓN
INVENTARIOS DE PRODUCTOS PERECEDEROS BAJO
EL PRINCIPIO DE BORROSIDAD**

Autores: Leonardo Alejandro Caraballo González (UNEFA)
Barinas, Venezuela
caraballoleonar@gmail.com
José V. Santamaría (UPEL)
Barquisimeto, Venezuela
josevsantamaria@gmail.com

RESUMEN

Este artículo constituye un reporte de una investigación en proceso que tiene como propósito fundamental construir un modelo matemático para la gestión de inventarios de productos perecederos bajo el enfoque de la complejidad y en particular la borrosidad. Es una investigación enmarcada en el paradigma cuantitativo y se usará la investigación de operaciones para proponer un modelo que minimice el riesgo en la gestión de inventarios de productos perecederos, se introduce la noción de borrosidad con la finalidad de estudiar un nuevo enfoque en la gerencia de inventarios.

Palabras clave: Gestión de inventarios, productos perecederos, complejidad, borrosidad.

Fecha de Recepción: 27-08-2011

Aceptación: 27-09-2011



MODEL FOR DECISION-MAKING IN INVENTORY MANAGEMENT OF PERISHABLE GOODS UNDER THE PRINCIPLE OF FUZZINESS

ABSTRACT

This article is a report of an ongoing investigation whose main purpose is to shape a mathematical model for inventory management of perishable goods based under a complexity and fuzziness approach. Investigation is framed within the quantitative paradigm and it will use operations research to propose a model minimizing the risk in inventory management of perishable products. The notion of fuzziness is introduced with the aim of studying a new approach to management inventories.

Key words: Inventory management, perishable goods, complexity, fuzziness.

Date Received: 27-08-2011

Acceptance: 27-09-2011



INTRODUCCIÓN

En general las empresas se dedican a usar, transformar, distribuir y vender algún tipo de artículo o bien, para ello activan múltiples procesos, tales como manufactura, almacenamiento, transporte y venta. Estos procesos se deben optimizar con el propósito que la productividad en general sea maximizada. Uno de los procesos a ser considerado en esta optimización es el de gerencia de los inventarios.

El manejo adecuado de los inventarios incide de manera directa en la productividad de las empresas, puesto que si se tiene un inventario muy alto, entonces se inutiliza capital de la empresa que se puede usar en otros contextos. Si por el contrario se maneja un bajo inventario las empresas pierden la oportunidad de obtener ganancias y pueden perder clientes al producirse una rotura de inventario.

En tal sentido Jiménez (2005) afirma que el inventario encapsula el dinero; y una mala gestión del mismo puede afectar el estado financiero de las compañías. Tener demasiado inventario es tan problemático como disponer de poco. Demasiado, implica costos adicionales innecesarios relacionados con el almacenaje, seguros, impuestos y los correspondientes al deterioro u obsolescencia de los artículos que se mantienen en existencia. Dichos costos son crecientes con el aumento del inventario.

Surge la necesidad de establecer algunos criterios para mantener niveles de inventarios aceptables, de manera que no existan pérdidas por ningún concepto. Por lo general el manejo de estos criterios constituye lo que se denomina gestión de inventarios, que corresponde a un nivel de decisión importante en el funcionamiento de una empresa.

En la actualidad existen diversos modelos matemáticos para la gestión de inventarios, muchos de éstos han sido proporcionados por la Investigación de Operaciones. Asimismo la borrosidad puede ser usada para desarrollar un modelo que permita gestionar inventarios con eficiencia, en tal sentido Toledo,

Escobar y Ortiz (2007) afirman que las aplicaciones de la lógica borrosa son infinitas y tienen como resultado la elevación significativa de la eficacia dondequiera que se aplique.

Otro principio del pensamiento complejo que se puede aplicar a la gerencia de inventarios es el de la estrategia situacional, el cual según Torres (2009) es el fundamento de las relaciones metodológicas entre el conocimiento y la acción, propone una nueva forma de planificación a través de exploraciones creativas sobre los futuros probable, posible y deseable; planificación que facilita a la organización fundamentar de manera sistemática las decisiones en el presente.

Los problemas de inventarios en las empresas de distribución de productos son complejos por naturaleza, al respecto Gutiérrez y Vidal (2008) afirman que la gestión de un sistema de inventarios es una actividad transversal a la cadena de abastecimiento que constituye uno de los aspectos logísticos más complejos en cualquier sector de la economía. Uno de los factores que agrega complejidad tiene que ver con el riesgo que se asume al distribuir productos que pierden su valor en el tiempo, por ejemplo si se distribuyen periódicos estos pierden su valor al siguiente día, de allí que el riesgo de pérdidas por manejar un inventario de manera inadecuada es verdaderamente grande.

De igual modo, algunos productos perecederos, tales como las frutas, los vegetales, las verduras y otros tienen un alto riesgo de pérdida para sus comercializadores si no se maneja con criterio sus inventarios, porque su lapso de caducidad es extremadamente corto. En consecuencia se hace necesario buscar un punto de equilibrio que permita optimizar las ganancias en su comercialización y minimizar los riesgos de pérdidas.

Ponsot (2008) advierte que para los bienes perecederos o bienes sujetos a obsolescencia, la determinación de la cantidad que debe ser



aprovisionada es crítica, puesto que si se acumulan más de los realmente necesarios, se desperdiciarán o perderán aquellos que sobren una vez cubiertas las necesidades. En cuanto a una cota mínima de abastecimiento, luce evidente que tal cota es inherente a todos los tipos de bienes, sean o no de capital.

El mercado de los productos perecederos es muy rápido y competitivo. En el caso de los vegetales y las frutas es frecuente encontrar en las ciudades mercados que funcionan como centros de acopio y comercialización. En la ciudad de Barquisimeto, Venezuela existe el Mercado Mayorista de Barquisimeto (Mercabar) que es un importante centro de comercialización de diversos productos, entre ellos productos perecederos. Este mercado surte de frutas, hortalizas y verduras a gran parte de la región centroccidental de Venezuela, es decir los estados Lara, Yaracuy, Portuguesa y Falcón.

Según datos de la Oficina de Estadística de Mercabar, este mercado mayorista comercializa cada mes 98 toneladas de productos perecederos, distribuidos de la siguiente manera 44 toneladas mensuales de frutas, 39 toneladas de hortalizas y 15 toneladas de verduras.

Por otra parte, hoy en día muchas decisiones en el ámbito empresarial (cualquiera sea la actividad de la empresa), se toman sin tomar en cuenta las etapas del proceso inherente a los métodos cuantitativos y cualitativos existentes en las distintas ramas, y que las tradiciones, los hábitos, las costumbres, la propia intuición y experiencia de un directivo, jefe de departamento, gerente entre otros, desempeñan una función importante en la forma en que los problemas se solucionan.

En este sentido, Druker P. (2007) afirma que: "Una decisión para cumplir con la característica de ser efectiva, debe ser el resultado de un proceso sistemático, con elementos definidos que se manejan en una secuencia de pasos precisos." Uno de los factores más importantes en el desarrollo de una empresa son los conocimientos que posea la organización, cualquiera que esta

sea y como sea capaz de aplicarlos. Choo CW (1999) en su trabajo titulado "La organización inteligente: el empleo de la información para dar significado, crear conocimiento y tomar decisiones", expresa que "Las organizaciones son redes de decisiones, de personas que se ocupan de tomar decisiones y éstas resultan en un compromiso con cursos de acción".

Asimismo, Schein (1988), plantea que la toma de decisiones es el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización.

Estableciendo una relación entre la construcción de un modelo matemático para la gestión de inventarios de productos perecederos y su contribución para la toma de decisiones Hernández y García (1996) indican que "... para llevar a cabo la toma de decisiones, los modelos cuantitativos de la investigación de operaciones, suelen ser de gran ayuda, así, por mencionar unos pocos, se puede usar, el modelo de cantidad económica de pedido (CEP) para conocer, para un producto individual, cual es la cantidad óptima a manejar, los modelos multiatributos para establecer las jerarquías de las órdenes de pedido, y el modelo de transporte, caso particular de modelos programación lineal, para establecer a quien se abastece, desde dónde, basado en la minimización de costos"

Igualmente, los autores señalan que la toma de decisiones para la gestión de inventarios considera aspectos tales como: ¿cuánto se tiene en almacén por cada producto?, ¿cómo deben estar organizados?, ¿qué órdenes de pedido se deben atender y bajo qué prioridades?, ¿desde dónde se atiende cada orden de pedido? ¿Cuál es el tiempo de caducidad del producto? entre otras que se tomen en cuenta para situaciones en particular. Lo anteriormente señalado muestra cómo un modelo de enfoque cuantitativo es una herramienta clave para la toma de decisiones en la gestión de productos perecederos



El manejo de inventarios es complejo, intervienen múltiples factores, tales como el tiempo de entrega, la demanda de los bienes y los riesgos inherentes a su gestión. Y en el caso de los productos perecederos se añade el tiempo de caducidad, es por ello que no se pueden manejar de manera aleatoria y discrecional, sino que se hace necesario el uso de un modelo adecuado para decidir en la gestión de inventarios.

En virtud de lo antes descrito, las decisiones que se toman sobre el manejo de inventarios en aras de evitar pérdidas por concepto de caducidad de los productos conllevan a incluir, de manera taxativa, la teoría de toma de decisiones. En este sentido, Álvarez y Obiols (2009) indican que la decisión se entiende como un proceso o actividad de procesamiento de la información necesaria, que permite llegar a un fin satisfactorio. Debe verse como un proceso de carácter cognitivo, emocional y social. Este proceso requiere de una constante revisión en función de las nuevas informaciones que el sujeto va adquiriendo a lo largo de su vida, además de una implicación por parte del propio interesado; así, la decisión es la elección que sigue a la deliberación consciente y reflexiva.

Dada la importancia del uso de modelos matemáticos para la gestión de inventarios de los productos perecederos se pueden formular las siguientes preguntas: ¿Cómo se puede minimizar el riesgo en el manejo de inventarios de productos perecederos?, ¿Es posible diseñar un modelo de gestión de inventarios para los productos perecederos?, ¿Es posible elaborar un programa computacional que permita aplicar numéricamente el modelo que se proponga? Dar respuestas a estas interrogantes constituye el propósito fundamental de esta investigación.

ALGUNOS ANTECEDENTES

Abdul-Jalbar (2004) en su investigación titulada Sistema de Distribución: Avances en la Gestión de Inventarios, centra su análisis en los sistemas de

inventario con múltiples instalaciones conocidos como el problema 1-almacen y N-minoristas.

Desarrolla una nueva heurística de $O(N \log N)$ que para la mayoría de los casos proporciona políticas cíclicas más eficientes que las calculadas con los métodos heurísticos que existían hasta el momento en la literatura. Además elimina las restricciones de estacionariedad y anidamiento y analiza un conjunto de políticas más generales llamadas políticas de ratio-entero. Para este caso también propone un nuevo método heurístico de $O(N \log N)$ el cual es comparado con el método de Roundy (1985). De igual modo analiza el mismo problema pero considerando que la razón de producción en el almacén es finita. Estudiando primero el caso para el cual el proveedor suministra a dos compradores, y después, extiende el análisis al caso con más de dos compradores.

Ahmed, Cakmak y Shapiro (2005) presentan un estudio titulado: *Coherent Risk Measures in Inventory Problems* en el cual analizan un problema de inventario de periodo único, es decir un sistema cuyos bienes caducan al día siguiente, por ejemplo el caso del periódico. Hacen una formulación de tipo min-máx y la relacionan con formulaciones de riesgo adverso. Demuestran que el problema de periodo único se comporta de manera similar al problema de periodo múltiple.

Díaz, Del Brío y González (2001) hacen un estudio titulado *Modelización de un DSS para la Gestión de Productos Perecederos* en el cual realizan un modelo e implementan un sistema de apoyo a la toma de decisiones (DSS) para la gestión de productos perecederos, aplicado a la distribución interhospitalaria de hemoderivados.

En particular estudian el envío de sangre desde el Centro Regional de Transfusiones del Principado de Asturias que abastece los hospitales de la región de Oviedo, en este caso se considera la sangre un producto perecedero por su corta caducidad.



Para resolver el problema multicriterio de distribución diaria de sangre utilizan la programación por metas (Goal Programming). Desarrollan un DSS para facilitar la evaluación diaria por el personal del centro. Además acumulan datos históricos que permiten evaluar el sistema. Estos datos históricos mostraron que se pasó de una pérdida diaria de sangre de tipo A⁺ de 15.610 litros a una pérdida de 5.960 litros.

MODELO DEL VENDEDOR DE PERIÓDICO:

Este modelo es estudiado por Ahmed, Cakmak y Shapiro (2005) y consiste en el problema del vendedor de periódico clásico en busca de la minimización de costo. El vendedor de periódico tiene que decidir una cantidad de orden x para satisfacer la demanda incierta d . El costo de pedido es $c_0 \geq 0$ por unidad. Una vez hecha la demanda, si la demanda excede al pedido, es decir $d \geq x$, ocurre una penalización de $b \geq 0$ por cada unidad.

Si por el contrario $d \leq x$, entonces se incurre en un costo de $h \geq 0$ por la tenencia de cada unidad. El inventario restante es $x - d$ el cual incurre en un costo (descontado) de $-\gamma c_1(x - d)$, donde $c_1 \geq 0$ es el valor del salvamento y $\gamma \in (0,1]$ es el parámetro de descuento. Entonces el costo total es

$$c_0 x - \gamma c_1(x - d) + b[d - x]_+ + h[x - d]_+$$

Si se considera que $[a]_+ = \max\{a, 0\}$ y se sustituye los valores $c = c_0 - \gamma c_1$, así como $\Psi(x, d) = \gamma c_1 d + b[d - x]_+ + h[x - d]_+$, el costo total se puede escribir así

$$cx + \Psi(x, d)$$

Si se considera el problema como uno de riesgo neutral se formula como la minimización del valor esperado del costo total con respecto a la

distribución de probabilidad de la demanda D , dicha distribución está dada por la función de distribución acumulativa $F(\cdot)$. En este caso el modelo con riesgo neutral (MRN) queda

$$\text{Min}_{x \in R} E_F [cx + \Psi(x, D)] \quad (\text{MRN})$$

En este caso se supone conocida la distribución F de la demanda y la minimización se efectúa a través de promedios. Si por el contrario el riesgo es adverso el problema se denomina de riesgo adverso (MRA) y viene dado de la siguiente manera

$$\text{Min}_{x \in R} \rho [cx + \Psi(x, D)] \quad (\text{MRA})$$

Donde $\rho[Z]$ es la medida de riesgo coherente correspondiente a un resultado aleatorio Z . Si se usa la representación dual de ρ , el problema se puede escribir de forma min-máx de la siguiente manera

$$\text{Min}_{x \in R} \sup_{F \in \mathcal{A}} E_F [cx + \Psi(x, D)] \quad (\text{MMM})$$

En este caso existe una correspondencia inyectiva entre el modelo de riesgo adverso (MRA) y el modelo min-máx (MMM).

Modelos Difusos

El modelo del pregonero supone conocida la demanda o al menos su distribución de probabilidad, no obstante en la mayoría de los casos no se puede conocer, al respecto Parada (2009) indica que la complejidad de los problemas y la imprecisión de las situaciones han hecho necesario introducir esquemas matemáticos más flexibles y adecuados al entorno empresarial contemporáneo. En este contexto la teoría de los subconjuntos borrosos ha



permitido el nacimiento de unas técnicas que facilitan la solución de problemas en los cuales la incertidumbre aparece de manera fundamental.

Es por esto que es posible usar el enfoque de la borrosidad para enfrentar la incertidumbre de los datos, al respecto Fasel (citado por Arango, Urán y Pérez, 2008) expresa algunas ventajas de usar lógica difusa en el modelamiento en contexto de incertidumbre son las siguientes: Los modelos de sistemas difusos son conceptualmente fáciles de entender, son flexibles, toleran la imprecisión de los datos, pueden ser construidos por conceptos aportados por la experiencia de los expertos, pueden ser combinados con técnicas convencionales, se basan en un lenguaje natural, proporciona una mejor comunicación entre los expertos y los directores.

Torres (2010) define a un conjunto borroso de la siguiente manera: Dada una lógica estándar de predicados (X, U, g) y sea $P: X \rightarrow U$ un predicado. En este contexto, un **conjunto borroso** A está formado por todos los elementos de X , y a cada uno de ellos se le asocia la condición numérica impuesta por la función compuesta $g \circ P: X \rightarrow [0,1]$, tal función compuesta se denota A y se denomina *función de pertenencia* del conjunto borroso A y el número $A(x)$ representa el grado de pertenencia del elemento $x \in X$ al conjunto borroso A . En tal caso, utilizamos la siguiente notación:

$$A = \{x | A(x): (\forall x \in X) P(x)\}$$

Asimismo Klir y Yuan (1975) definen un **número borroso** A como un conjunto borroso A en R , que verifica las siguientes propiedades:

- a) A es conjunto borroso normal.
- b) $(^\alpha A$ es un intervalo cerrado para cada $\alpha \in (0,1]$.
- c) El soporte de A , $(^{0+}A$ es acotado.

Para Puente, De la Fuente y Priore (sf) un número borroso asociado a una determinada variable puede considerarse como el conjunto de intervalos de confianza de los valores del dominio de esa variable obtenidos para diferentes niveles de certidumbre denominados α -cortes. Estos intervalos deben cumplir ciertas características para que puedan constituir un número borroso. En primer lugar, la frontera izquierda del número borroso (definida por los límites izquierdos de todos los intervalos a cada nivel α), debe constituir un función monótonamente creciente; así, para valores sucesivos en el dominio de la variable se obtienen valores cada vez mayores de α . En segundo lugar, debe existir “normalidad”, esto es, debe haber al menos un valor del dominio en que α sea igual a la unidad. En tercer lugar, debe cumplirse que la frontera derecha del número borroso constituya una función monótonamente decreciente hasta el nivel $\alpha = 0$. Por último, las funciones frontera así definidas, deben constituir un conjunto “convexo”, lo que quiere decir que para un α' mayor que α el intervalo interceptado en el número borroso esté incluido en el intervalo que se intercepta al nivel α .

Además de definir los números borrosos Klir y Yuan desarrollan en el capítulo IV de su libro. *Fuzzy sets and fuzzy logic*, la aritmética que se usa en el reticulado de los números difusos.

Peidro, Mula y Poler (2007) indican que la Teoría de los Conjuntos Difusos emerge como alternativa viable para la gestión de la incertidumbre. Esta teoría se emplea para construir sistemas que son difíciles de definir con precisión, intentando manejar la vaguedad, imprecisión y la no especificidad inherente en la formulación humana de preferencias, restricciones y objetivos, sin la necesidad de la recopilación de estadísticas. Por esta razón, puede representar una herramienta atractiva de ayuda a la investigación en el desarrollo de modelos para la planificación de la Cadena de Suministro,



especialmente, cuando la dinámica del entorno limita la especificación de objetivos, restricciones y parámetros.

Existen suficientes antecedentes de modelos de gestión de inventarios bajo el enfoque de borrosidad, entre otros podemos mencionar:

Kacprzyk y Staniewski (citado por Mula, Poler y García, 2004) en 1982 abarcan el problema de controlar el inventario en un horizonte de planificación infinito. El sistema de inventario se representa por un sistema fuzzy, con los niveles, entradas y salidas del inventario fuzzy. Los autores desarrollan un algoritmo que determina la estrategia óptima invariable en el tiempo para determinar la reposición de los niveles de inventario existentes que maximice la función de pertenencia de la decisión.

Park (citado por Mula, Poler y García, 2004) en 1987 estudia el modelo del Lote Económico de Pedido o EOQ (Economic Order Quantity) desde la perspectiva de la Teoría de los Conjuntos Difusos. Para modelar los costes del pedido y mantenimiento de inventarios se utilizan números fuzzy de forma trapezoidal. El autor sugiere reglas para transformar la información fuzzy de los costes en entradas precisas para el modelo EOQ.

Giannoccaro (citado por Peidro, Mula y Poler, 2007) en el 2003 desarrolla una metodología para la definición de políticas de gestión de inventario en una cadena de suministro, basándose en el concepto de stock de la cadena (echelon stock) y la teoría de los conjuntos difusos. El concepto de stock de la cadena se adopta para gestionar el inventario de una cadena de suministro de forma integrada, y la teoría de los conjuntos difusos para modelar la incertidumbre asociada a la demanda y a los costes de inventario. Finalmente, a través de la simulación sobre una cadena de suministro de tres eslabones en serie y, realizando cálculos basados en reglas aritméticas fuzzy para los parámetros de costes y demandas representados mediante funciones de pertenencia triangulares, se observa que el rendimiento de esta política de inventarios es superior al de una política de gestión de inventarios local.

Fasel (citado por Arango, Urán y Pérez, 2008) introduce un ejemplo de un modelo difuso asociado a una cadena de suministro de seis componentes, tres proveedores, un departamento de compras, un departamento de mercadeo y una planta de producción. El objetivo es maximizar las ganancias. En el desarrollo de este modelo los parámetros no se conocen con precisión (son difusos) y se les asigna un número difuso triangular, que puede ser representado por una terna de números reales nítidos.

Usando esta consideración un modelo nítido de la forma

$$\begin{aligned} \text{Máx } Z &= \sum_{j=1}^n C_j X_j \\ \text{Sujeto a } \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j &\leq B \quad i \in N \end{aligned}$$

Se puede convertir en el modelo difuso

$$\begin{aligned} \text{Máx } Z &= \sum_{j=1}^n C_j X_j \\ \text{Sujeto a } \sum_{j=1}^n (s_{ij}, l_{ij}, r_{ij}) X_j &\leq (t_i, u_i, v_i) \quad i \in N \end{aligned}$$

Modelo en Construcción

El modelo en construcción es para gestionar los inventarios de los productos perecederos de un mercado mayorista, en particular el mercado Mercabar, en este modelo influyen varias variables, las cuales son: el consumo, la demanda, los costos, el riesgo, el tiempo de caducidad y la cantidad óptima de pedido. El consumo, el riesgo, la demanda y el tiempo de caducidad son variables independientes. De igual forma los costos y la cantidad óptima de pedido son variables dependientes.

Klir y Yuan (1975) introducen el concepto de **variables lingüísticas** como aquellas que están formuladas de manera difusa cuantitativa, donde



cada estado de la variable corresponde a un número borroso y representa un concepto lingüístico tales como: *muy pequeño, pequeño, medio, grande y muy grande*. Estos conceptos son interpretados en un contexto particular.

Se considera la variable **cantidad de pedido** como una variable lingüística y se le otorga los siguientes valores o niveles.

1. Escasa: En este caso la cantidad de pedido es muy pequeña y el riesgo de sufrir una rotura de inventario es realmente alto. Lo cual generaría pérdidas porque no se concretarían posibles ventas por no disponer del producto solicitado.

2. Insuficiente: En este caso la cantidad de pedido es más cercana a la óptima, pero es insuficiente y eventualmente ocurriría una rotura de inventario.

3. Óptima: En este caso la cantidad es óptima y por tanto no se producen roturas de inventarios, pero tampoco hay pérdidas por la caducidad de los productos perecederos.

4. Abundante: En este caso la cantidad de pedido supera a la cantidad de producto que se comercializa, en consecuencia quedan productos en inventarios sin vender, y dado que son productos perecederos existe un riesgo moderado de pérdida por caducidad.

5. Excesiva: La diferencia entre la cantidad pedida y la que se comercializa es verdaderamente grande, por lo cual es seguro que existirán pérdidas por la caducidad de los productos.

La variable lingüística **cantidad de pedido** y sus correspondientes valores lingüísticos se representan en el siguiente diagrama:

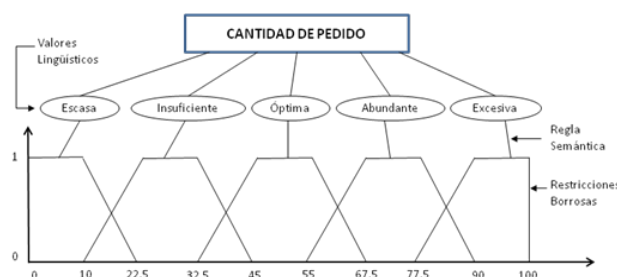


Figura 1: Variable lingüística: Cantidad de pedido

Otra manera de introducir la borrosidad en la construcción del modelo es considerando los conjuntos borrosos, por ejemplo si se considera el tiempo de caducidad de algunos rubros perecederos se puede obtener un conjunto borroso de la siguiente forma:

Si se conoce que:

- La probabilidad que el tomate tenga una caducidad mayor de tres días es 70%.
- La probabilidad que el repollo tenga una caducidad mayor de tres días es 80%.
- La probabilidad que el pepino tenga una caducidad mayor de tres días es 60%.
- La probabilidad que la cebolla tenga una caducidad mayor de tres días es 60%.
- La probabilidad que la papa tenga una caducidad mayor de tres días es 90%.
- La probabilidad que la lechuga tenga una caducidad mayor de tres días es 30%.

De esta manera se identifica:

x_1 = caducidad del tomate, x_2 = caducidad del repollo, x_3 = caducidad del pepino, x_4 = caducidad de la cebolla, x_5 = caducidad de la papa y x_6 = caducidad de la lechuga.

Se considera el universo X formado por estos seis rubros, es decir $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6\}$.



Se obtiene el conjunto borroso A definido sobre X consistiendo de todos los rubros cuya caducidad es mayor de tres días, así queda

$$A = \{.7|x_1 + .8|x_2 + .6|x_3 + .6|x_4 + .9|x_5 + .3|x_6\}$$

Entre las variables que se consideran para la construcción del modelo debe existir alguna relación, en particular si consideramos las **relaciones borrosas** definidas por Klir y Yuan (1975). En el caso en estudio la caducidad está estrechamente relacionada con el riesgo asociado a los productos perecederos cuando se toma la decisión de comprar una determinada cantidad de ellos.

Se puede establecer una relación borrosa entre la caducidad de un rubro y el riesgo asociado éste, en los siguientes términos:

Se considera el conjunto $X = \{x_1, x_2, x_3\}$, donde x_1 = caducidad corta, x_2 = caducidad media y x_3 = caducidad larga.

Además sea $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$, donde y_1 = riesgo bajo, y_2 = riesgo medio y y_3 = riesgo alto.

Si se sabe que para determinado rubro se cumple

- La probabilidad de que tenga caducidad corta y riesgo bajo es 10%.
- La probabilidad de que tenga caducidad media y riesgo bajo es 50%.
- La probabilidad de que tenga caducidad larga y riesgo bajo es 90%.
- La probabilidad de que tenga caducidad corta y riesgo medio es 40%.
- La probabilidad de que tenga caducidad media y riesgo medio es 80%.
- La probabilidad de que tenga caducidad larga y riesgo medio es 40%.
- La probabilidad de que tenga caducidad corta y riesgo alto es 90%.
- La probabilidad de que tenga caducidad media y riesgo alto es 50%.

- La probabilidad de que caducidad larga y tenga riesgo alto es 20%.

Entonces la relación borrosa R en $X \times Y$ está definida por:

$$R = \{.1|(x_1, y_1) + .5|(x_1, y_2) + .9|(x_1, y_3) + .4|(x_2, y_1) + .8|(x_2, y_2) + .4|(x_2, y_3) + .9|(x_3, y_1) + .4|(x_3, y_2) + .2|(x_3, y_3)\}$$

Se puede notar que si la caducidad es corta, entonces el riesgo es alto. De igual forma si la caducidad es larga el riesgo es bajo.

Para hallar el dominio de esta relación R usamos la igualdad $\text{dom } R(x) = \max_{y \in Y} R(x, y)$, proporcionada por Klir y Yuan (1975), en consecuencia se obtiene

$$\text{dom } R(x_1) = \max \{R(x_1, y_1), R(x_1, y_2), R(x_1, y_3)\} = \max\{.1, .5, .9\} = .9$$

De manera similar se tiene que $\text{dom } R(x_2) = \max\{.4, .8, .4\} = .8$ y también $\text{dom } R(x_3) = \max\{.9, .5, .2\} = .9$, de donde el dominio de la relación borrosa R es el conjunto borroso: $\text{dom } R = \{.9|x_1, .8|x_2, .9|x_3\}$

Por otro lado para hallar el rango usamos la siguiente igualdad

$$\text{ran } R(y) = \max_{x \in X} R(x, y)$$

De esta manera obtenemos

$$\text{ran } R(y_1) = \max\{R(x_1, y_1), R(x_2, y_1), R(x_3, y_1)\} = \max\{.1, .4, .9\} = .9$$

Similarmenete se tiene que:

$$\text{ran } R(y_2) = \max\{.5, .8, .5\} = .8$$

y también

$$\text{ran } R(y_3) = \max\{.9, .4, .2\} = .9$$



por consiguiente el rango de la relación borrosa R es el conjunto borroso

$$\text{ran}R = \{.9|y_1, .8|y_2, .9|y_3\}$$

La altura de esta relación viene dada por

$$h(R) = \max_{y \in Y} \max_{x \in X} R(x, y)$$

Como $\max_{x \in X} R(x, y_1) = .9$, $\max_{x \in X} R(x, y_2) = .8$ y $\max_{x \in X} R(x, y_3) = .9$, por lo cual

$$h(R) = \max\{.9, .8, .9\} = .9$$

Finalmente la matriz asociada a la relación R es

$$R = \begin{bmatrix} .1 & .5 & .9 \\ .4 & .8 & .4 \\ .9 & .5 & .2 \end{bmatrix}$$

METODOLOGÍA

Diseño de la investigación

Esta investigación está enmarcada en la teoría de investigación de operaciones, que según Bellini (2004) se aplica a problemas que se refieren a la conducción y coordinación de *operaciones* (o actividades) dentro de una organización. La investigación de operaciones se ha aplicado de manera extensa en áreas tan diversas como la manufactura, el transporte, la constitución, las telecomunicaciones, la planeación financiera, el cuidado de la salud, la milicia y los servicios públicos, entre otros.

Bellini (2004) expresa que la investigación de operaciones usa un enfoque similar a la manera en que se lleva a cabo la investigación en los campos científicos establecidos. En gran medida, se usa el *método científico* para investigar el problema en cuestión. Además añade que por lo general en la investigación de operaciones se siguen los siguientes pasos (1) Percepción de la necesidad; (2) Formulación del problema; (3) Construcción del modelo; (4) Obtención de la solución; (5) Validación y verificación; (6) Establecimiento de

controles; (7) Implementación y Recomendación; y (8) Evaluación de los resultados.

Según Krajewski (citado por Suárez 2008) la investigación de operaciones soporta un conjunto de decisiones tácticas y estrategias relacionadas con los procesos productivos en las organizaciones, entre las cuales se pueden enumerar las siguientes:

- Logística: Capacidad, localización y distribución de productos y servicios.
- Coordinación de la cadena de suministro interna y externa.
- Pronósticos de demanda.
- Gestión de inventarios.
- Planeación de requerimientos de materiales.
- Programación de la producción y asignación de recursos.
- Gestión de proyectos

Este estudio se hará bajo un enfoque cuantitativo, al respecto Bellini (2004) afirma que el enfoque cuantitativo en la investigación de operaciones requiere habilidades que se obtienen del estudio de herramientas matemáticas que le permitan a la persona mejorar su efectividad en la toma de decisiones. Este enfoque es útil cuando no se tiene experiencia con problemas similares o cuando el problema es tan complejo o importante que requiere de un análisis exhaustivo para tener mayor posibilidad de elegir la mejor solución.

Se espera crear un modelo matemático para gestionar los inventarios de los productos perecederos, de allí que se usará el método deductivo para usar los modelos conocidos y poder generalizar alguna condición de los diferentes modelos existentes.

El modelo que se pretende construir es analítico y de simulación, en tal sentido Bellini (2004) dice que los modelos analíticos son modelos matemáticos, destinados a hacer una cierta simplificación y abstracción de



sistemas reales. De igual modo concibe los modelos de simulación como las duplicaciones computarizadas de los sistemas reales, que sirven en la modelización de sistemas dinámicos y/o probabilísticos. Por otro lado López (sf) afirma que mediante la simulación es posible realizar una aproximación empírica a un modelo de inventario, que permitirá recoger información acerca del “punto de pedido” y de la “cantidad pedida” que hacen mínimo el costo total.

Para generar el modelo matemático se usará la reflexión sobre el modelo del pregonero de periodo múltiple y se introducirá aritmética borrosa.

Para diseñar el programa computacional se generará un algoritmo asociado al modelo matemático que se proponga, luego se procederá a escribir los códigos bajo la interfaz de usuario seleccionada.

Al disponer del programa computacional, se usarán los datos históricos de los parámetros que se requieran, los cuales serán aportados por la Oficina de Estadística de Mercabar. Luego se procederá a realizar una experimentación numérica que permita decidir si el modelo es consistente numérica y matemáticamente, además se notará su nivel de eficiencia y robustés computacional. Con lo cual se estará realizando la validación del modelo planteado para la gestión de inventarios de productos perecederos.

Objeto de investigación

El objeto de investigación son los modelos de gestión de inventarios en general y en particular los modelos de gestión de inventarios de los productos perecederos.

Población y muestra

Serán estudiados los inventarios de frutas y vegetales del Mercado Mayorista de Barquisimeto (Mercabar) en el periodo 2012.

Técnicas de recogida de la información

Para obtener los parámetros estadísticos de los inventarios de frutas y vegetales en Mercabar se usará la Base de Datos proporcionada por el Departamento de Estadística de Mercabar. Y se estudiarán otros documentos institucionales que aporten datos de interés para esta investigación.

Técnicas de análisis de la información

Los datos proporcionados por la Oficina de Estadística de Mercabar serán utilizados como los parámetros necesarios para realizar la simulación computacional del modelo propuesto.

Se estimará la eficiencia de este programa al considerar la convergencia de los resultados numéricos con los esperados en la teoría matemática. Igualmente se hará un análisis de la velocidad de convergencia tomando en cuenta el número de iteraciones necesarias para que el programa genere una solución cercana a la óptima con un margen de error determinado previamente.

CONCLUSIONES

Para la gestión de inventarios eficiente es necesario usar un modelo adecuado. En particular si se gestiona inventarios de productos perecederos es necesario considerar el tiempo de caducidad de estos productos como un parámetro decisivo en la toma de la decisión respecto a los inventarios. Pero este parámetro y otros más que se involucran no se conocen con exactitud, de allí que usar un modelo difuso para la gestión de los inventarios de estos productos.

Ya existen antecedentes de modelos matemáticos difusos utilizados para la gestión de inventarios, en consecuencia construir un nuevo modelo que verifique las condiciones del problema planteado no es una tarea imposible, sino mas bien es perfectamente factible y es consistente con los principios de la nueva gerencia de las empresas bajo un enfoque de complejidad.



La optimización bajo un enfoque de borrosidad permitirá diseñar un modelo matemático para la gestión de los inventarios de los productos perecederos, el cual podría ser usado en un mercado mayorista como MERCABAR o cualquier otro que comercialice este tipo de productos.

En el proceso de toma de decisiones no siempre se dispone de toda la información requerida y mientras más compleja sea la decisión, más difícil resultará conocer todas las alternativas sobre las cuales decidir. Sin embargo, con la construcción de un modelo matemático para la gestión de inventarios de productos perecederos se puede dar respuesta a incógnitas tales como: ¿cuánto se tiene en almacén por cada producto?, ¿cómo deben estar organizados?, ¿qué órdenes de pedido se deben atender y bajo qué prioridades?, ¿cuál es el tiempo de caducidad del producto?. Hecho que facilitaría al gerente o elemento decisor a orientarse por la alternativa más viable para el manejo eficiente de los productos en stock o existencia.

Por otra parte, Orozco E. y García I. (1992) afirman que "El acceso rápido y eficiente a una información confiable y precisa permite adoptar una posición adecuada a la hora de tomar una decisión para solucionar un problema con un menor costo. Pero esto sólo es posible, si se ha realizado previamente un proceso de análisis de la información, en el que se adicione un conjunto de valores pertinentes a partir del trabajo intenso que realizan especialistas entrenados en el uso de las técnicas de información".

La aseveración antes referenciada pone de manifiesto que se debe tener información veraz a la mano, y mediante la construcción y puesta en práctica de un modelo matemático para la gestión de productos perecederos se cerrarán las brechas de incertidumbre en el proceso de toma de decisiones.

REFERENCIAS

Abdul-Jalbart, B. (2004) **Sistemas de Distribución: Avances en la Gestión de Inventarios**. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna. Soportes Informáticos. Serie: Tesis Doctorales. España.

- Ahmed, S; Cakmak, U. y Shapiro, A. (2005) **Coherent Risk Measures in Inventory Problems**. School of Industrial & Systems Engineering, Georgia Institute of Technology. Atlanta, USA.
- Álvarez, M. y Obiols, M. (2009). **El proceso de toma de decisiones profesionales a través del Coaching**. Electronic Journal and Research in Educational Psychology 7 (2), 877- 900. 2009. N° 18. ISSN. 1696-2095.
- Angel, A. y García, R. (sf) **Gestión de Stock: Modelos Deterministas**. Proyecto e-Math. Disponible: <http://www.investigacion-operaciones.com/material%20didactico/Modelo%20Inventarios%201.pdf> [Consulta: 31 de marzo, 2010]
- Arango, M; Urán C. y Pérez, G. (2008) **Aplicaciones de lógica difusa a la cadena de suministro**. Revista Avances en Sistemas e Informática. Vol. 5. Nro 3. Diciembre, 2008. Medellín. Pp 117-126
- Bellini, F. (2004) **Investigación de Operaciones**. Curso de la Escuela de Administración y Contaduría de la Universidad Santa María. Caracas, Venezuela. Disponible: <http://www.investigacion-operaciones.com/investigacionoperaciones.htm> [Consulta: 13 de Julio 2009]
- Choo, C. (1999). **La Organización Inteligente: el empleo de la información para dar significado, crear conocimiento y tomar decisiones**. México D.F: Oxford University Press, pp.194.
- Díaz, A. (1999) **Gerencia de Inventarios**. Cuarta Reimpresión. Ediciones IESA. Caracas. Venezuela.
- Díaz, B; Del Brío, J. y González, B. (2001) **Modelización de un DSS para la Gestión de Productos Perecederos**. Questiió, Volumen 25, 2, pp 287-300. España.
- Estrategia Magazine (2002) **Tomar decisiones efectivas: una cuestión planificada (I)**. Estrategia Magazine 2002; 1(16). Disponible en:



http://www.estrategiamagazine.com.ar/ediciones/edicion0016/estrategia_magazine_sitio.asp#2 [Consultado: 15 de diciembre del 2003]

Gutiérrez, J. (2003) **Métodos Eficientes para Algunas Variantes del Modelo EOQ Efficient Approaches for Some Extensions of the EOQ Model.** Departamento de Estadística, Investigación Operativa de la Universidad de la Laguna. España.

Gutiérrez, V. y Vidal, C. (2008) **Modelos de Gestión de Inventarios en cadenas de Abastecimiento: Revisión de Literatura.** Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Marzo. Número 043. Medellín. Colombia. Pp. 134-149. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n43/n43a12.pdf> [Consulta: 27 Marzo, 2010]

Hernández J. y García M. (1996). **Modelo Multiatributo en el manejo de Productos Refrigerados.** Tercer Congreso CAIP 1996. Villa María. Argentina.

Jiménez, J. (2005) **Estado del Arte de los Modelos Matemáticos para la Coordinación de Inventarios en la Cadena de Suministro.** Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnica no. 281 Sanfandila, Qro, 2005. Disponible: <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt281.pdf> [Consulta: 20 de marzo, 2010]

Klir, G. y Yuan, B. (1975) **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic.** Theory and Applications. Prentice Hall. P.T.R.

López, M. (Sf) **Software de Simulación de un Modelo de Inventario.** Departamento de Informática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Universidad Nacional del Nordeste. 9 de Julio. Nro. 1449. CP. 3400. Corrientes. Argentina. Disponible: http://ficcte.unimoron.edu.ar/wicc/Trabajos/V%20-%20tae/586-Lopez_M_V.pdf [Consulta: 28 de marzo, 2010]

- Mujica, M. (2000) **Nuevas Estrategias para Gerenciar. Una Visión Epistemológica.** Revista Virtual de Gerencia Disponible: <http://diegoiibarra.ve.tripod.com/nuevos.htm> [Consulta: 05 Diciembre, 2009]
- Mula, J; Poler, R. y García, J. (2004) **Aplicaciones de la Teoría de los Conjuntos Difusos en la Planificación de la Producción: Un Estudio de la Literatura. Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de Producción.** Universidad Politécnica de Valencia. VIII Congreso de Ingeniería de Organización Leganés, 9 y 10 de septiembre de 2004. Disponible: <http://www.adingor.es/Documentacion/CIO/cio2004/comunicaciones/101-110.pdf> [Consulta: 25 de Marzo, 2010]
- Muñoz, D. (2004) **Un Enfoque Bayesiano para Incorporar Pronósticos de la Demanda en Experimentos por Simulación para la Administración de Inventarios.** Revista Facultad de Ingeniería, U.T.A. Volumen 12, Nº 1, 2004, pp 25-31. Chile.
- Orozco, E. y García, I. (1992) **Del dato a la decisión: La gestión de información en un sector específico.** Caso de estudio BIOTEC. Ciencias de la Información 1992; 23(2):75- 82.
- Parada, O. (2009) **Un Enfoque Multicriterio para la Toma de Decisiones en la Gestión de Inventarios.** Cuadernos de Administración. Bogotá. Colombia. 22 (38). Pp 169-187. Enero-Junio de 2009. Disponible: http://cuadernosadministracion.javeriana.edu.co/pdfs/CnosAdmon_22_38_08_Oscarparadagutierrez.pdf [Consulta: 31 de Marzo, 2010]
- Peidro, D; Mula, F. y Poler, R. (2007) **Aplicaciones de la Teoría de los Conjuntos Difusos para la Planificación de la Cadena de Suministro Bajo Incertidumbre: Un Estudio de la Literatura.** Centro de Investigación Gestión e Ingeniería de Producción. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible: <http://www.cnc->



logistica.org/congreso-cnc/documentos/74.pdf [Consulta: 28 de marzo, 2010]

Ponsot, B. (2008) **El Estudio de Inventarios en la Cadena de Suministro. Una Mirada desde el Subdesarrollo.** Actualidad Contable FACES. Año 11. Nro. 17. Julio-Diciembre 2008. Mérida. Venezuela. Pp. 82-94. Disponible:

<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/26624/1/articulo7.pdf>
[Consulta: 25 de Marzo, 2010]

Puente, J. De la Fuente, D. y Priore, P. (sf) **La Clasificación “ABC” Borrosa como Método de Discriminación con Información Ex- Ante.** Departamento de Administración de Empresas y Contabilidad. Universidad de Oviedo. Disponible: <http://gio.uniovi.es/documentos/nacionales/ArtNac56.pdf> [Consulta: 25 de Marzo, 2010]

Schein, E. (1988) **Process Consultation.** Cambridge: Addison-Wesley Publishing Company.pp.81

Suárez, M. (2008) **Aportes de la Investigación de Operaciones a la Competitividad Empresarial.** Revista Pápeles de Administración Hoy. ISSN: 2011-5547. Disponible: http://www.unipiloto.edu.co/Contenido/pdf_relinter/admon/3/investiga.pdf [Consulta: 20 de Marzo, 2010]

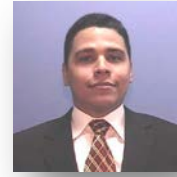
Toledo, A; Escobar, N. y Ortiz, E. (2008) **Aplicación de la Lógica Borrosa a los resultados del Inventario de Ansiedad de Estado.** Memorias del II taller Transdisciplinario sobre el enfoque de la complejidad- Camaguey, Cuba. Disponible: <http://www.complejidad-camaguey.org/pdf/Aplicacion%20de%20la%20logica%20borrosa%20al%20inventario....pdf> [Consulta: 01 de Diciembre, 2009]

Torres, E. (2009) **Complejidad y Postmodernidad: dos Paradigmas Emergentes.** Principia, Nº 32, pp. 17-32.

Torres, E. (2010) **Conjuntos Borrosos. Material con fines didácticos.**
Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Mención Productividad.
Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre.
UNEXPO. Barquisimeto. Venezuela.



Leonardo Alejandro Caraballo González
e-mail: caraballoleonar@gmail.com



Nacido en Anaco Edo. Anzoátegui, cursa estudios de Doctorado en Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO) Vicerrectorado Barquisimeto. Obtiene el título de Ingeniero Electricista (2004) en la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada (UNEFA) Núcleo Maracay. Master en Ingeniería de Petróleo (2008) Universidad de Houston (UH) Texas y esperando acto de grado para recibir el título de Magíster en Gerencia Empresarial de la Universidad Fermín Toro (2011) Sede Barinas.

Se desempeña como ingeniero de diseño en la Gerencia de Desarrollo Urbano en Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) División Boyacá. Ingresó en la Industria Petrolera en el 2005, donde ha desempeñado diversas posiciones como ingeniero en la Gerencia de Desarrollo Urbano, Servicios Eléctricos, así como también en Superintendencias medulares del negocio como Operaciones y Métodos de Producción.

En 2008, paralelamente con las labores en PDVSA; ingresó, a medio tiempo, en la UNEFA Núcleo Barinas, donde se desempeñó como facilitador, a nivel de pregrado, de la cátedra de Matemáticas I y posteriormente; en 2009, asume la coordinación de la Especialización en Gerencia de Telecomunicaciones y las Maestrías en Gerencia Logística y Gerencia de las TIC's.

Con participaciones como ponente en las I Jornada Motivacional a la Investigación en Ingeniería (UNEFA Barinas), XVIII Jornadas Técnicas de Investigación y II de Postgrado en la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ) Núcleo San Carlos, VIII y IX Jornadas de Investigación de los Estudiantes y para los Estudiantes (UNELLEZ y USM respectivamente). De igual forma, publicaciones en las Memorias de las XVIII Jornadas Técnicas de Investigación y II De Postgrado (UNELLEZ), y la Revista PETROLEUM.



José Valentín Santamaría
e-mail: josevsantamaria@gmail.com

Nace en Altagracia de Orituco, Estado Guárico el 05 de Septiembre de 1968, egresa de la Universidad Nacional Abierta obteniendo el título de Licenciado en Matemática, Mención Análisis Numérico en el año 2000. Posteriormente en el año 2004 obtiene el título de Magister en Ciencias Mención Optimización en la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, luego se gradúa de Magister en Matemática, mención Enseñanza de la Matemática en la UCLA-UNEXPO-UPEL en el año 2008. Actualmente cursa estudios de doctorado en Ciencias de la Ingeniería, mención Productividad en la UNEXPO.

Es profesor de Matemática en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, autor del Libro Introducción al Álgebra, Tutor de dos tesis de Maestría y ponente en diferentes eventos de Enseñanza de la Matemática.