

Aplicación del modelo Montecarlo-Difuso para la correcta Gestión de Inventarios en empresas Pymes

Application of the Monte Carlo-Diffuse model for the correct Management of Inventories in SMEs

Héctor Lara-Gaviláñez¹, Irma Naranjo-Peña², y Carlos Banguera-Díaz³

RESUMEN

Para las empresas tener un control de la mercadería que se posee es de gran utilidad ya que permite llevar un buen manejo de los costos y esto conlleva a mejorar rentabilidad para el negocio. Por ese motivo, muchas empresas, a nivel mundial, han tomado diferentes medidas para la correcta planificación de sus inventarios. Para las Pymes tener acceso a un software que les ayude en la gestión de inventarios resulta muy costoso, por tal motivo el presente artículo busca dar una solución a este problema a un bajo costo. El actual estudio está basado en la investigación de la técnica Montecarlo Difuso para los modelos de inventarios probabilístico con demanda independiente, para dicha investigación se ha tomado en consideración el análisis de una serie de documentos referentes a la gestión de inventarios, modelos de inventarios, lógica difusa y simulación en inventarios.

Palabras clave: Gestión de inventarios, Lógica difusa, simulación Montecarlo, Costo por faltante, Demanda Independiente

ABSTRACT

For companies, having control of the merchandise they own is very useful since it allows them to have good management of costs and this leads to improved profitability for the business. For this reason, many companies, worldwide, have taken different measures for the correct planning of their inventories. For SMEs, having access to software that helps them in inventory management is very expensive, for this reason, this article seeks to provide a solution to this problem at a low cost. The current study is based on the investigation of the Montecarlo Diffuse technique for probabilistic inventory models with independent demand, for this investigation the analysis of a series of documents referring to inventory management, inventory models have been taken into consideration, fuzzy logic, and simulation in inventories.

Keywords: Inventory management, Fuzzy logic, Montecarlo simulation, Cost per shortage, Independent demand

Fecha de recepción: Marzo 17, 2020.

Fecha de aceptación: Agosto 31, 2020.

Introducción

El constante crecimiento del mercado y el avance de la tecnología han llevado a la complejidad de la logística de inventarios. La globalización de los mercados hace más complejo el sistema logístico y su gestión; es necesario mejorar las condiciones de las compañías productoras o comercializadoras de bienes y servicios que se encuentran participando en un ambiente de negocios internacionales. (Cano Olivos, Orue Carrasco, Martínez Flores, Mayett Moreno, & López Nava, 2015).

En la actualidad, el principal problema que se presenta en las Pymes es el manejo correcto de la mercadería, esto se debe a que no cuentan con un modelo de gestión de inventarios que ayude a planificar de mejor manera el reabastecimiento de stock. Los modelos de inventarios son importantes para un manejo adecuado de los bienes que se tienen en existencia, por la cual deben ser bien

administrados para que cumplan con su función sin incurrir en costos excesivos. (Izar Landeta, Yuzunza Cortés, & Zermeño Pérez, 2015)

La borrosidad o incertidumbre que se presentan en la demanda ha llevado al estudio de métodos que permitan la simulación de estos valores. La incertidumbre es una condición que está presente en todos los procesos, dada la dificultad de predecir con precisión la demanda futura del bien o servicio, que generalmente no es considerada para la toma de decisiones. (Arango, Adarme, & Zapata, 2010).

Una manera de solucionar este inconveniente es simulando las variables que afectan a la gestión de inventarios. Simulación se define como el proceso de diseñar y experimentar con un modelo de un sistema real con el propósito de comprender sus relaciones o evaluar las estrategias de operación. (León & Cañas, 2014).

¹ Ingeniero en Sistemas Computacionales, Universidad de Guayaquil-Ecuador, Máster en Gerencia de Sistemas. Guayaquil E-mail: hector.larag@ug.edu.ec.

² Ingeniero en Sistemas Computacionales, Universidad de Guayaquil-Ecuador, Máster en Sistemas de Información Gerencial. ESPOLE-Ecuador E-mail: irma.naranjop@ug.edu.ec.

³ Ingeniero en Sistemas Computacionales, Universidad de Guayaquil-Ecuador. Máster en docencia y gerencia educación superior, Universidad de Guayaquil. E-mail: Carlos.banguerad@ug.edu.ec.

Como citar: Lara-Gaviláñez, H., Naranjo-Peña, I., & Banguera-Díaz, C. (2020). Application of the Monte Carlo-Diffuse model for the correct Management of Inventories in SMEs. *Ecuadorian Science Journal*, 4(2), 80-88. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.4.2.84>

El desconocimiento de la demanda hace difícil el saber la cantidad a pedir, la misma que debe estar acorde a las necesidades reales de la empresa. Esta demanda es rápida variable, esta variación genera oscilaciones en los niveles de inventario. (Abbou & Loiseau, 2015).

Dado que la demanda presenta grados de borrosidad la mejor manera de analizarla es por medio de lógica difusa. Expresiones como <<muy importante>> o <<más o menos relevante>> se pueden formular matemáticamente bajo lógica difusa con el fin de dar soluciones a problemas de decisión del mundo real. (Arango, Urán, & Pérez, 2008)

Con lo antes expuesto nos hacemos la siguiente pregunta ¿Podrán las Pymes mediante la utilización de lógica difusa y simulación mejorar la gestión de inventarios y proyectar el comportamiento de la demanda acorde a las verdaderas necesidades de la empresa?

Para poder responder esta pregunta, la presente investigación se basó en el análisis de una serie de estudios científicos además de una encuesta realizada a expertos en el tema de la planificación de inventarios.

El propósito de esta investigación es analizar los factores que inciden sobre la gestión de inventarios mediante el uso de lógica difusa y simulación Montecarlo esto es para mejorar la planificación y control en las Pymes.

El desconocimiento en el comportamiento de la demanda afecta significativamente a las Pymes; ya que sin tener una base sobre este valor se corre el riesgo de desbalancear el inventario y a la vez afecta los costos que perjudicarían en gran manera la rentabilidad del negocio.

El objetivo de este estudio es predecir las variables determinantes en la planificación para pronosticar el inventario necesario dentro de un periodo específico en las Pymes.

Por medio del método Montecarlo se simulará el comportamiento de la demanda dentro de un período determinado, con estos valores se podrá pronosticar la cantidad a pedir. El análisis de las variables borrosas utilizando lógica difusa permitirán conocer los costos a los que incurrirá la empresa dentro de un ciclo específico.

Materiales y Métodos

Gestión de Inventarios

Gestión de inventarios significa tener un control de los bienes que posee la empresa, llevar una revisión continua de la mercadería ayuda al Gerente del negocio a saber el momento preciso para reponer el stock y la cantidad necesaria. La gestión de inventarios se asocia a un problema de toma de decisiones cuyas variables significativas son: ¿cuánto adquirir? y ¿cuándo pedir?, reduciendo el inventario se minimiza la inversión, pero se corre el riesgo de no poder satisfacer la demanda. (Pérez Vergara, Cifuentes Laguna, Vásquez García, & Ocampo, 2013). Existen algunos métodos que ayudan en la gestión de inventarios, estos se eligen dependiendo de los movimientos de cada producto. Se definen los siguientes modelos: Probabilístico: Aquí se encasillan los productos cuya demanda y tiempos de entrega son inciertos. Determinístico: Los productos que se pueden encontrar en este modelo son aquellos donde la demanda es conocida, y no tienen variaciones en el tiempo.

Se puede definir como inventario a la relación detallada, clasificada y valorada de los artículos existentes en el almacén en un momento determinado. En el inventario debe aparecer la valoración económica de las existencias del almacén. Requiere una planificación previa y ordenada del proceso de inventario. (Bernes, 2015).

Demanda

La demanda es la cantidad de bienes o servicios que el consumidor está dispuesto a adquirir en un determinado tiempo. Esta se puede clasificar en independiente y dependiente. Se considera demanda independiente cuando no está condicionada por decisiones que tome la empresa, por ejemplo, la demanda de productos terminados. Se entiende por demanda independiente aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa. (Iglesias López, 2014). Demanda dependiente depende de la demanda de otros productos, por ejemplo, la demanda para la fabricación de productos. Es la que se genera a partir de la demanda independiente de productos finales para el cálculo de todas las materias primas y productos semielaborados que intervienen en su fabricación. (Iglesias López, 2014).

De acuerdo a la investigación realizada en varios textos se clasifica a la demanda en los siguientes modelos:

- Demanda Constante
 - Modelo EOQ (Cantidad Económica de Pedido): Esta a su vez puede ser: Sin faltante
 - Con faltante
 - Modelo LEP (Lote Económico de producción)
 - Sin faltante
 - Con faltante
 - Modelo EOQ con descuentos por cantidades
- Demanda Variable Probabilística
 - Modelo probabilístico
 - Modelo de simulación
 - Modelos heurísticos
 - Revisión periódica
 - Revisión por cantidad
 - Dinámicos

Para la presente investigación se utilizó el modelo EOQ con faltante. El principal objetivo de este modelo es minimizar lo más posible el costo el que incurre un producto dentro de un periodo determinado. Los principales costos que se analizan son: Costo por ordenar, costo por mantener inventario y costo por faltante. El tamaño óptimo del pedido y el punto óptimo de pedido serán en general, una función de estos tres costos más la tasa promedio de la demanda durante el periodo de producción y la variabilidad de la demanda. (Rios, Martinez, Palomo, Caceres, & Diaz, 2008)

Indicadores en la Cadena de Suministro

Los indicadores de desempeño son medidas que permiten conocer el rendimiento dentro de la cadena de suministro. Estos indicadores permiten evaluar los resultados de cada proceso. Son aquellos que permiten cuantificar la evolución de los procesos de recepción, almacenamiento, despachos, distribución; deben estar enfocados en el logro de los resultados como función principal. (Castellanos Ramirez, 2015).

Entre los indicadores usados en esta investigación tenemos: Stock de seguridad, stock inicial, stock final, stock máximo, punto de pedidos, lead time.

El stock inicial o inventario inicial es la cantidad de inventario al principio de un periodo comercial. Para el cálculo del valor del inventario inicial se debe hacer un conteo de los productos que se tienen ya sea en piso o en percha. Así, Inventario inicial corresponde al valor del inventario al inicio del periodo comercial. (Chacón, 2015).

Stock de seguridad (SS) es la cantidad de mercadería que se conserva para evitar desfase en el inventario. En particular, en el sistema (s, S), cada vez que el inventario efectivo llega al nivel del SS está por debajo de él se ordena una cantidad tal que se incremente el inventario (Escobar, Linfati, & Jaimes, 2017).

Simulación Montecarlo

Con los avances Este método es de mucha importancia ya que se basa en buscar solución a problemas que son difíciles de solucionar por métodos exclusivamente analíticos o numéricos sido muy difícil de solucionar. Este método es de mucha importancia ya que se basa en buscar solución a problemas que son difíciles de solucionar por métodos exclusivamente analíticos o numéricos. (Palacios, 2015).

Con la investigación se definen las siguientes reglas para la utilización del método Montecarlo:

- Determinar una distribución teniendo en cuenta las variables importantes.
- Diseñar una distribución de probabilidades acumuladas para cada variable.
- Producir números al azar.
- Simular varias pruebas.

La Lógica Difusa es una rama de la inteligencia artificial la cual trabaja con información ambigua, vaga o imprecisa. Para entender el pensamiento humano que contienen información ambigua o imprecisa se crearon los modelos matemáticos que utilizan la lógica difusa. La Lógica Difusa es un formalismo matemático que pretende emular la habilidad que tienen algunas personas para tomar decisiones correctas a partir de datos vagos o imprecisos y que están expresados lingüísticamente. (Díaz, Aguilera, & Guillen, 2014)

Dentro de la Lógica Difusa se pueden incluir muchos términos, a continuación, se detallan los más importantes para la comprensión de esta investigación.

Conjunto Difuso

Los conjuntos difusos perciben la pertenencia parcial de un elemento a un conjunto. Un conjunto difuso. Es una clase de objetivos con un continuo de grados de pertenencia. Dicho conjunto es censurado por una función de pertenencia (característica) que asigna a cada objeto un grado de miembro que oscila entre cero y uno. (Zadeh, 1965)

Función de Pertenencia

Es el grado en que cada elemento de un conjunto universo corresponde a dicho conjunto, por lo tanto, la función de pertenencia de

un conjunto A sobre un universo X será de la forma: $\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$, donde $\mu_A(x) = r$.

Para determinar la función de pertenencia se deben de escoger funciones sencillas para que los cálculos no sean muy complicados. Para esto son muy utilizados las siguientes funciones:

- Función Triangular
- Función Trapezoidal
- Función Gamma
- Función Sigmoidal
- Función Gaussiana
- Función Pseudo-Exponencial.

Las que utilizaran en esta investigación son función triangular y trapezoidal.

Control Lógico Difuso

El CLD se usa para encontrar una buena solución a los problemas, cabe indicar que en el mundo real no es posible encontrar la solución óptima ya que es difícil establecer que es lo mejor.

Reglas si...y...entonces

Llamadas también Reglas de producción o Reglas de control, se establecen para determinar una conclusión, por lo tanto, se tendrán algunas reglas que posteriormente serán las posibles salidas.

Estimaciones para el diseño de la Investigación

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó la metodología hipotético-deductiva y por modelación. La técnica empleada es la encuesta. Esta encuesta fue realizada a individuos considerados expertos en el tema de reaprovisionamiento de mercadería. Debido a la gran cantidad de Pymes establecidas en Guayaquil se tomó como población la opinión de 30 expertos; en vista que la población es pequeña, hemos considerado como tamaño de la muestra, el mismo tamaño de la población. Esto conforme a lo que se indica en los textos, que a partir de 30 elementos se considera como una población normal. Se considera una población de la que se extraen muestras de tamaño $n > 30$ y de la que se conoce que la proporción de individuos que presentan una determinada característica es igual población. (Rodríguez, Hernandez, & Jimenez, 2013).

Para el análisis del resultado de la encuesta se utilizó juicio de expertos por medio del modelo por agregación individual, debido al tiempo limitado que se tiene para la realización del proyecto y el bajo presupuesto. El análisis de la encuesta se lo realizó con el software Rotator Survey,

Para la realización del análisis Montecarlo Difuso, se tomará como prueba las ventas de un producto "Jarro Bia Amarillo", correspondiente a una empresa dedicada a la compra y venta de productos terminados. Para la comprobación se utilizará el Modelo de Costo por Faltante, correspondiente al sistema de revisión continua de los inventarios probabilísticos con demanda independiente.

En el análisis difuso se definen las siguientes variables de entrada:

Demanda aleatoria
 Ordenes al proveedor
 Stock inicial
 La variable de salida es:
 Acciones que tomar.

Cada variable de entrada tiene tres niveles y para la variable de salida se eligió seis niveles, en cada variable de han definido el dominio de trabajo y la función de pertenencia acompañada de su respectivo gráfico.

Luego se procede a la elaboración de las reglas inferenciales con la respectiva tabla de decisión.

A continuación, se detallan los valores fijos para el código elegido. El producto jarro bia amarillo está definido un costo por ordenar de \$1,87; el costo por faltante es \$0.90; además de un costo por mantener el inventario de \$0,87. La unidad por caja (UC) para este producto es igual a 36 unidades, se establece como stock mínimo una caja y como stock máximo dos cajas.

Para el análisis difuso fue necesario la definición de variables lingüísticas con sus respectivas funciones de pertenencia que darán como resultado el Control Lógico Difuso (CLD) el cual aplicado a los inventarios nos da una aproximación de la cantidad de inventario necesaria, este valor no será el óptimo, pero si el más probable. Se definen las siguientes variables:

Variables de entrada

Demanda Aleatoria:

- Decrece DAD
- Se Mantiene DAM
- Aumenta DAA

Ordenes al proveedor

- No pide OPP
- Pedido Normal OPN
- Aumenta DAA

Inventario Inicial

- Baja IIB
- Adecuada IIA
- Elevada IIE

Variable de salida

- Respuesta Inventario
- Reaprovisionamiento grande RG
- Reaprovisionamiento medio RM
- Reaprovisionamiento pequeño RP

A continuación, se define el dominio de trabajo para las variables lingüísticas.

Dominio de trabajo para variable de entrada Demanda Aleatoria

Para la definición del dominio de trabajo de esta variable se eligió la venta de los cuatro primeros meses del año 2016.

Tabla 1. Ventas Año 2016

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril
01	1	7	3	33
02	36	1		43
03	37	10		45
04	27	5	4	18
05	12	3	19	16
06	28	7	23	20
07	16	9	14	25
08	16	1	15	19
09	6		17	28
10	15	5	14	20
11	4	3	28	21
12	5	5	25	11
13	11	2	23	17
14	2	7	11	16
15	5	3	44	20
16	23	2	28	21
17	18	7	18	32
18	9	6	7	19
19	6	2	24	17
20	9	3	40	21
21	6	2	19	14
22	3		18	9
23	8	4	12	24
24	8		29	35
25	7	1	26	20
26	5	3	19	27
27	8	4	43	11
28	6	3	23	10
29	3	2	25	13
30	3		17	32

El análisis de estos datos se lo realizó por medio de los cuartiles. Esta mediada divide a los datos de la muestra en grupos de tamaño aproximado de 25%.

Primer Cuartil (Q1) = 25% de los datos.

Segundo Cuartil (Q2) = 50% de los datos.

Tercer Cuartil (Q3) = 75% de los datos.

La fórmula para el cálculo de los cuartiles está representada por

$$r = \frac{p(n+1)}{100}$$

Donde:

- El valor de p está dado por el porcentaje definido anteriormente.
- El valor de n es igual al total de la muestra.
- Si el valor de r no es un entero, buscamos el entero más próximo k tal que, $k < r < (k + 1)$

Antes de comenzar con el análisis se debe ordenar los valores de manera descendente, luego del reemplazar los valores se obtiene la siguiente información:

- Cuartil uno $Q1$, correspondiente al 25% de los datos menores o iguales al valor $Q1=5$.
- Cuartil dos $Q2$, correspondiente a la mediana es decir al 50% de los datos menores o iguales a $Q1=12$.
- Cuartil tres $Q3$, correspondiente al 75% de los datos menores o iguales a $Q1=21$.

Utilizando el software MATLAB para el análisis difuso se obtienen los siguientes graficas con la respectiva función de pertenencia correspondiente a cada variable:

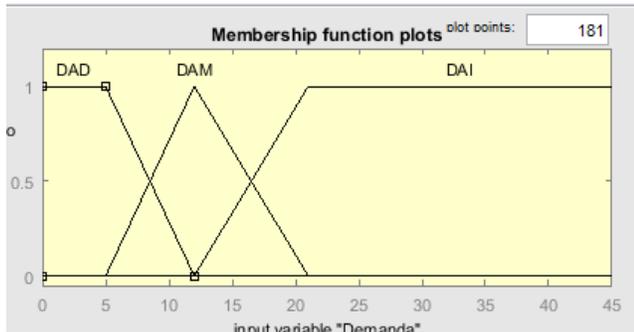


Figura 1. Análisis difuso

$$\mu_{DAD}(w) = \begin{cases} 1, & 0 \leq w \leq 5 \\ \frac{12-w}{7} & 5 \leq w \leq 12 \end{cases}$$

$$\mu_{DAM}(w) = \begin{cases} \frac{x-5}{7} & 5 \leq w \leq 12 \\ \frac{21-w}{9} & 12 \leq w \leq 21 \end{cases}$$

$$\mu_{DAA}(w) = \begin{cases} \frac{w-12}{9} & 12 \leq w \leq 21 \\ 1 & 21 \leq w \leq 45 \end{cases}$$

Dominio de trabajo para variable de entrada Ordenes al proveedor

Mediante la investigación se determinó lo siguiente con relación a esta variable:

- Una orden de compra baja o pequeña debe ser igual a 36 unidades.
- Cuando se genera una orden de 54 unidades se la considera como normal.
- Cuando se genera por el doble de la UC esta es considerada como excesiva.
- Lo máximo que se debe llegar a pedir es 90 unidades

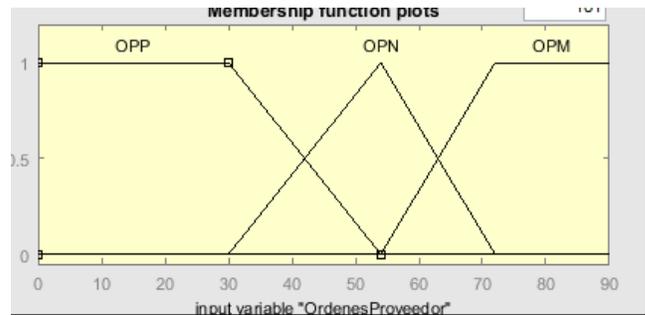


Figura 2. Función de pertenencia

$$\mu_{OPP}(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 36 \\ \frac{54-x}{18} & 36 \leq x \leq 54 \end{cases}$$

$$\mu_{OPN}(x) = \begin{cases} \frac{x-36}{18} & 36 \leq x \leq 54 \\ \frac{72-x}{18} & 54 \leq x \leq 72 \end{cases}$$

$$\mu_{OPM}(x) = \begin{cases} \frac{x-54}{18} & 54 \leq x \leq 72 \\ 1 & 72 \leq x \leq 90 \end{cases}$$

Dominio de trabajo para variable de entrada Stock Inicial

Se considera como inventario inicial bajo cuando este es menor al stock mínimo, es adecuado cuando es igual al stock mínimo y es elevada cuando es mayor al stock máximo. Se señala que el stock mínimo es igual a la UC y el stock máximo es el doble de la UC

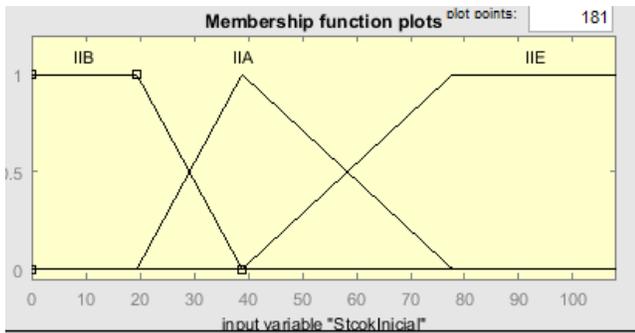


Figura 3. Función de pertenencia

$$\mu_{IIB}(y) = \begin{cases} 1, & 0 \leq y \leq 18 \\ \frac{36 - y}{18} & 18 \leq y \leq 36 \end{cases}$$

$$\mu_{IIA}(y) = \begin{cases} \frac{y - 18}{18} & 18 \leq y \leq 36 \\ \frac{72 - y}{36} & 36 \leq y \leq 72 \end{cases}$$

$$\mu_{IIE}(y) = \begin{cases} \frac{y - 36}{36} & 36 \leq y \leq 72 \\ 1 & 72 \leq y \leq 108 \end{cases}$$

**Dominio de trabajo para variable de salida Res-
puesta Inventario**

El dominio de trabajo de esta variable se representa de la siguiente manera esto en base a fracciones de la UC.

Tabla 2. Variable de respuesta Inventario

RP-reaprovisionamiento pequeño	18
RM- reaprovisionamiento medio	36
RG-reaprovisionamiento grande	72

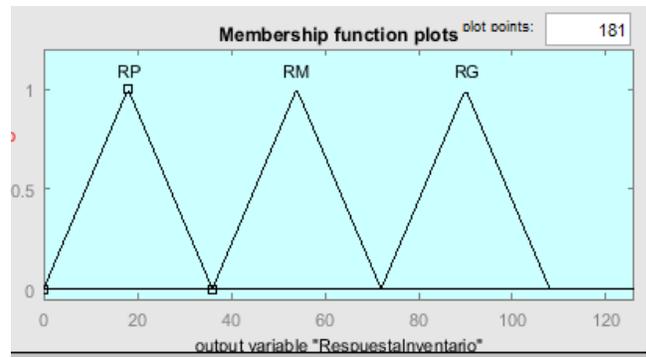


Figura 4. Función de pertenencia

$$\mu_{RI RP}(z) = \begin{cases} \frac{z}{18} & 0 \leq z \leq 18 \\ \frac{36 - z}{18} & 18 \leq z \leq 36 \end{cases}$$

$$\mu_{RI RM}(z) = \begin{cases} \frac{z - 18}{18} & 18 \leq z \leq 36 \\ \frac{72 - z}{36} & 36 \leq z \leq 72 \end{cases}$$

$$\mu_{RI RG}(z) = \begin{cases} \frac{z - 36}{36} & 36 \leq z \leq 72 \\ 1, & 72 \leq z \leq 90 \end{cases}$$

Se elaboran las reglas inferenciales y la tabla de decisión, la misma que se representa de la siguiente manera.

Tabla 3. Reglas de Inferencia

Demanda aleatoria	7		Entonces
	Ordenes al proveedor	Stock Inicial	Respuesta inventario
Decrece	No pide	Baja	reaprovisionamiento grande
Decrece	No pide	Adecuada	reaprovisionamiento mediano
Decrece	No pide	Elevada	no hacer nada
Decrece	Pedido normal	Baja	reaprovisionamiento grande
Decrece	Pedido normal	Adecuada	reaprovisionamiento mediano
Decrece	Pedido normal	Elevada	no hacer nada
Decrece	Pide mucho	Baja	reaprovisionamiento pequeño
Decrece	Pide mucho	Adecuada	reaprovisionamiento pequeño
Decrece	Pide mucho	Elevada	no hacer nada
Se Mantiene	No pide	Baja	reaprovisionamiento mediano
Se Mantiene	No pide	Adecuada	reaprovisionamiento pequeño

Se Mantiene	No pide	Elevada	no hacer nada
Se Mantiene	Pedido normal	Baja	reaprovisionamiento mediano
Se Mantiene	Pedido normal	Adecuada	reaprovisionamiento pequeño
Se Mantiene	Pedido normal	Elevada	no hacer nada
Se Mantiene	Pide mucho	Baja	no hacer nada
Se Mantiene	Pide mucho	Adecuada	no hacer nada
Se Mantiene	Pide mucho	Elevada	no hacer nada
Aumenta	No pide	Baja	reaprovisionamiento grande
Aumenta	No pide	Adecuada	reaprovisionamiento mediano
Aumenta	No pide	Elevada	reaprovisionamiento pequeño
Aumenta	Pedido normal	Baja	reaprovisionamiento grande
Aumenta	Pedido normal	Adecuada	reaprovisionamiento mediano
Aumenta	Pedido normal	Elevada	reaprovisionamiento pequeño
Aumenta	Pide mucho	Baja	reaprovisionamiento grande
Aumenta	Pide mucho	Adecuada	reaprovisionamiento mediano
Aumenta	Pide mucho	Elevada	reaprovisionamiento pequeño

Acorde a la regla Si..., Entonces tenemos el siguiente cuadro

Tabla 4. Reglas de Inferencia

Si...		Entonces	
Demanda aleatoria	Ordenes al proveedor	Stock Inicial	Respuesta inventario
Decrece	No pide	Baja	reaprovisionamiento grande
Decrece	No pide	Adecuada	reaprovisionamiento mediano
Decrece	No pide	Elevada	no hacer nada
Decrece	Pedido normal	Baja	reaprovisionamiento grande
Decrece	Pedido normal	Adecuada	reaprovisionamiento mediano
Decrece	Pedido normal	Elevada	no hacer nada
Decrece	Pide mucho	Baja	reaprovisionamiento pequeño
Decrece	Pide mucho	Adecuada	reaprovisionamiento pequeño
Decrece	Pide mucho	Elevada	no hacer nada
Se Mantiene	No pide	Baja	reaprovisionamiento mediano
Se Mantiene	No pide	Adecuada	reaprovisionamiento pequeño
Se Mantiene	No pide	Elevada	no hacer nada
Se Mantiene	Pedido normal	Baja	reaprovisionamiento mediano
Se Mantiene	Pedido normal	Adecuada	reaprovisionamiento pequeño
Se Mantiene	Pedido normal	Elevada	no hacer nada
Se Mantiene	Pide mucho	Baja	no hacer nada
Se Mantiene	Pide mucho	Adecuada	no hacer nada
Se Mantiene	Pide mucho	Elevada	no hacer nada
Aumenta	No pide	Baja	reaprovisionamiento grande
Aumenta	No pide	Adecuada	reaprovisionamiento mediano
Aumenta	No pide	Elevada	reaprovisionamiento pequeño
Aumenta	Pedido normal	Baja	reaprovisionamiento grande
Aumenta	Pedido normal	Adecuada	reaprovisionamiento mediano

Aumenta	Pedido normal	Elevada	reaprovisionamiento pequeño
Aumenta	Pide mucho	Baja	reaprovisionamiento grande
Aumenta	Pide mucho	Adecuada	reaprovisionamiento mediano
Aumenta	Pide mucho	Elevada	reaprovisionamiento pequeño

Luego de analizar toda la información usando el software Matlab se obtienen uno de los siguientes valores:

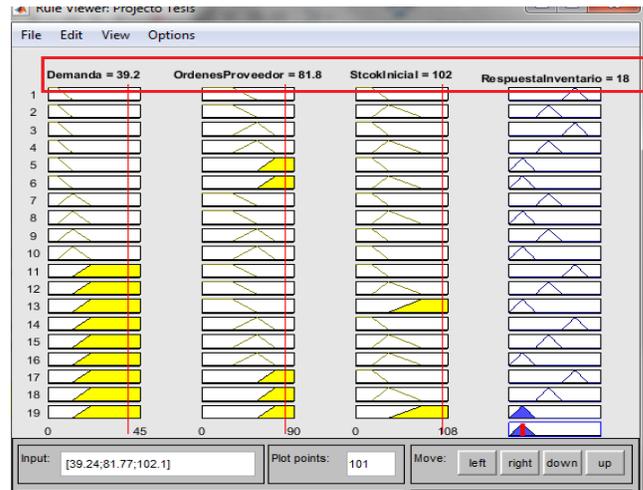


Figura 5. Resultados de reglas

Estos se interpretan de la siguiente manera: Si la demanda está en 39.2 (aumenta), las ordenes al proveedor en 81.8 (mucho) y el stock inicial en 102 (elevado); entonces la respuesta del inventario es realizar un reaprovisionamiento pequeño (18).

Juicio de expertos

Para este estudio se considera como “experto” todo aquel individuo inmerso en el control de inventarios, tales individuos son comprador, administrador del local, encargado de bodega, secretaria, personal de bodega.

Como método para la valoración por juicio de expertos se escoge el modelo por agregación individual, debido al tiempo limitado que se tiene para la realización del proyecto y el bajo presupuesto.

Gracias al análisis por medio del software RotatorSurvey se obtienen los siguientes valores.

Tabla 5. Juicio de Expertos

			Total	% sujetos Base total muestra
P1 Acciones Reaprovisionamiento	4	(2) Buen trabajo	16	53.33%
P2 Inventario Inicial	5	(1) Totalmente de acuerdo	17	56.67%
P6 Desequilibrio de Ordenes Compra	5	(1) Totalmente de acuerdo	30	100.00%

Interpretaremos estos valores de la siguiente manera:

- Demanda aleatoria: De un total de 30 individuos el 53.33% indica que las acciones que toma la empresa para el reaprovisionamiento se consideran como buen trabajo. Esto quiere decir que la demanda no está siendo controlada de la mejor manera; en otras palabras, suponen que esta variable se mantiene (DAM)
- Inventario Inicial: Del total de 30 individuos consultados, el 56.67% afirma que la falta de un inventario inicial afecta al reaprovisionamiento. Es decir, el inventario inicial es bajo (IIB).
- Ordenes al proveedor: El total de la muestra, es decir el 100%, concuerda que el desbalance de inventarios afecta la generación de las ordenes al proveedor. Podemos concluir que no se está pidiendo lo suficiente (OPP).

Estos resultados representados en la tabla de decisión nos indica que se debe hacer un reaprovisionamiento mediano.

Tabla 6. Tabla de Decisión

Si...			Entonces
Demanda aleatoria	Ordenes al proveedor	Inventario Inicial	Respuesta inventario
DAM	OPN	IIB	RM

Aplicación del modelo Costo con Faltante

Se realiza la aplicación del modelo Costo con Faltante para determinar los costos en que se incurren durante un año. Se toma en consideración los siguientes puntos:

El promedio de unidades que se requieren mensualmente es 20
Con una demanda promedio de 240 unidades anuales.
Una desviación estándar de la demanda de 12.

Los costos asociados son los siguientes:

costo por mantener inventario es \$318,42 costo por faltante es \$329,40

costo por ordenar es \$684,42.

Ahora representamos en las formulas y tenemos:

$$K = \$684,42$$

$$kC = \$318,42$$

$$kU = \$329,40$$

$$\sigma_m = 12$$

$$D = 240 \text{ unidades anuales}$$

$$\bar{M} = 20$$

$$\text{Tamaño del pedido } (Q) = 32$$

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{K_c}} \rightarrow Q = \sqrt{\frac{2 * (684,42) * (240)}{318,42}} = 32,12 \approx 32$$

Punto Óptimo de Pedido (R) para esto debemos de obtener la probabilidad de la demanda

$$\text{Probabilidad de la demanda } (M) = 0,8712$$

$$F(R) = 1 - \frac{k_c * Q}{k_u * D} \rightarrow F(R) = 1 - \frac{318,42 * 32}{329,40 * 240} = 0,8712$$

Con el valor de $F(R) = 0,8712$ se busca el valor de Z en la tabla de función de la distribución normal estandarizada esto es igual a 1,13. Por lo tanto el valor de $Z=1,99$ sustituyendo en la ecuación se obtiene el valor de R.

$$R = \bar{M} + Z_{\sigma} \rightarrow R = 20 + (1,13 * 12) = 33,56 \approx R = 34 \text{ unidades}$$

Ahora solo debemos calcular el valor de la función de pérdida unitaria para el valor de $N(Z)$ por medio de la siguiente fórmula

$$Z = \frac{R - \bar{M}}{\sigma_M} \rightarrow Z = \frac{34 - 20}{12} = 1,166 \approx 1$$

Una vez obtenido el valor de Z de determina la distribución normal estándar la misma que es igual a 0,05666. Se sustituyen estos valores en la fórmula para determinar el costo total.

$$\text{Costo total } (Q, R) = \left[K + (k_u * \sigma_M * N(Z)) \right] * \left(\frac{D}{Q} \right) + \left[\left(\frac{Q}{2} + (R - \bar{M}) \right) * k_c \right]$$

Sustituyendo en la formula se tiene

$$\text{Costo total } (Q, R) = \left[[684,42 + (329,40 * 12 * 0,05666)] * \left(\frac{240}{32} \right) + \left[\frac{32}{2} + (34 - 20) \right] * 318,42 \right]$$

$$\text{Costo total } (Q, R) = 6812,892 + 9552,60$$

$$\text{Costo total } (Q, R) = \$ 16365,49$$

Por lo antes expuesto podemos concluir que el Costo Total Anual del año 2016 fue es \$16365,49 se deben hacer pedidos de 32 unidades y el punto de pedido óptimo es 34 unidades.

Resultados

En el análisis de la Lógica Difusa con la valoración de expertos podemos concluir, el inventario inicial promedio, mensualmente es bajo (menor a la UC) y con una demanda normal (menor a la demanda promedio) entonces las ordenes al proveedor serán normales (no mayores a 2 cajas, ni menores a 1 caja).

Dicho en otras palabras, según el modelo es preferible volver a pedir cuando el stock este entre la UC sin llegar a 2 cajas, además se considera como inventario ideal cuando este es menor a la UC.

Análisis comparativo: Lógica Difusa, Juicio de Expertos y modelo Costo con Faltante.

Con el fin de realizar el estudio comparativo en costos y cantidad a pedir, se realizó la siguiente tabla comparativa:

Tabla 7. Comparativa

	Juicio de Expertos	Modelo Costo con Faltante	Lógica Difusa
Demanda	Consideran una demanda normal		Si la demanda es normal (entre 5 y 21)
Stock Inicial	Stock inicial bajo		Con un stock inicial bajo (entre 18 y 72)
Ordenes Proveedor	Se está comprando de manera normal	Se deben hacer pedidos de 32 unidades (no llegar a 2 cajas)	No se están pidiendo ordenes al proveedor (menores a 36)
Punto de pedido		Con este modelo será de 34 unidades	
Acción Final	Es preferible volver a pedir cuando el stock este entre la UC sin llegar a 2 cajas		Reaprovisionamiento mediado (entre 36 y 54)

Conclusiones

Las herramientas utilizadas permitieron comprender de una manera óptima los parámetros para la correcta gestión de inventarios. La encuesta sirvió para encontrar la problemática relacionada con el reabastecimiento del inventario.

El análisis por medio de variables lingüísticas borrosas permitió un mejor entendimiento del comportamiento de los inventarios, y a su vez ayudaron a pronosticar valores parecidos a los movimientos reales de las variables seleccionadas. La comparación del análisis de la lógica difusa y el método de inventario costo con faltante, sirvió para establecer la necesidad de un reabastecimiento de inventario además de establecer el más conveniente.

Esta investigación permitió también comprender la importancia del uso de los diferentes softwares tales como: Matlab, Rotator-Survey, Componentes XLSTAT en la gestión de inventarios.

La simulación Montecarlo implica pronosticar o simular valores que representan el comportamiento de la demanda, valores necesarios para el cálculo y posterior estudio de las variables consideradas como difusa.

Referencias Bibliográficas

Abbou, R., & Loiseau, J. (2015). Effects of inventory control on bullwhip in logistic systems under demand and lead time uncertainties. *ScienceDirect*, 266-271.

Arango, M. D., Urán, C. A., & Pérez, G. (2008). Aplicación de lógica difusa a las cadenas de suministro. *Redalyc*, 117-126.

Arango, M., Adarme, W., & Zapata, J. A. (2010). Gestión cadena de abastecimiento-logística con indicadores bajo incertidumbre, caso aplicado sector panificador Palmira. *Dialnet*, 97-115.

Bernes, P. (2015). *Técnicas de almacén*. España: Editex.

Cano Olivós, P., Orue Carrasco, F., Martínez Flores, J., Mayett Moreno, Y., & López Nava, G. (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas de México. *ScienceDirect*, 181-203.

Castellanos Ramirez, A. (2015). *Logística Comercial Internacional*. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte.

Chacón, N. (16 de mayo de 2015). ¿Cómo calculo el inventario inicial y final? Obtenido de *Gerencia Retail*: <https://www.gerencia-retail.com/2015/05/16/como-calculo-el-inventario-inicial-y-final/>

Contreras Juárez, A., Atziry Zuñiga, C., Martínez Flores, J., & Sánchez Partida, D. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. *Elsevier*, 387-396.

Díaz, C., Aguilera, A., & Guillen, N. (2014). Lógica difusa vs. modelo de regresión múltiple para la selección de personal. *SciELO*, 547-559.

Escobar, J., Linfati, R., & Jaimes, W. (2017). Gestión de inventarios para distribuidores de productos perecederos. *Ingeniería y desarrollo Universidad del Norte*, 210-239.

Iglesias López, A. (06 de marzo de 2014). Demanda independiente/Demanda dependiente. Obtenido de *Logispyme*: <https://logispyme.wordpress.com/2014/03/06/demanda-independiente-demanda-dependiente/>

Izar Landeta, J., Yuzunza Cortés, C., & Guarneros García, O. (2016). Variabilidad de la demanda del tiempo de entrega, existencias de seguridad y costo del inventario. *ScienceDirect*, 499-513.

Izar Landeta, J., Yuzunza Cortés, C., & Zermeño Pérez, E. (2015). Cálculo del punto de reorden cuando el tiempo de entrega y la demanda están correlacionados. *ScienceDirect*, 864-873.

León, E., & Cañas, F. (2014). Modelos de simulación en la Escuela de Administración de Negocios, UCR. *Redalyc*, 86-98.

Mula Bru, J., Poler Escoto, R., & García Sabater, J. (2004). Aplicaciones de la teoría de los conjuntos difusos en la planificación de la producción. *Redalyc*, 101-110.

Palacios, C. (01 de Septiembre de 2015). Método Montecarlo. Obtenido de Universidad Autónoma de Madrid: https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/carlosp/html/pid/montecarlo.html

Perez Vergara, I., Cifuentes Laguna, A., Vasquez Garcia, C., & Ocampo, D. (2013). Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios. *SciELO*, 227-236.

Ríos, F., Martínez, A., Palomo, T., Cáceres, S., & Díaz, M. (2008). Inventarios probabilísticos con demanda independiente de revisión continua. *SciELO*, 251-258.

Rodríguez, B., Hernández, D., & Jiménez, M. (01 de Junio de 2013). Departamento de Análisis Matemático. Obtenido de Universidad La Laguna: https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/6115/mod_resource/content/1/tema9/ME9-muestreo.pdf

Zadeh, L. (1965). *Conjuntos difusos*. California: Departamento de ingeniería eléctrica Universidad de California.