SIMULACIÓN DE SISTEMAS DE INVENTARIOS

SIMULATION OF INVENTORY SYSTEMS

C. Ballestas ***Acosta*** *, Kendry Del castillo, M. Navarro ***Rosales*** *, T. Fuentes ***Avila*** * & A. Pulido-Rojano**
{Carlos.ballestas, kendry.delcastillo, mela.navarro, Tulia.fuentes} @unisimon.edu.co– {apulido3} @unisimonbolivar.edu.co
**Estudiante de Ingeniería Industrial **Profesor investigador del grupo AAAA*
Universidad Simón Bolívar, Barranquilla-Colombia.

Resumen
Esta investigación trata sobre la simulación de sistemas dinámicos para la determinación de niveles de reposición y de servicios en inventarios, la cual nos guiamos de un modelo de simulación de inventario donde (Q) es el nivel de reposición y (D) la demanda. Para hallar la utilidad neta existen dos tipos de fórmulas. Si la demanda es menor o igual al nivel de reposición entonces: Utilidad neta es igual a la utilidad bruta menos el costo de retención el nivel de reposición menos la demanda. Si la demanda es mayor al nivel de reposición entonces: Utilidad neta es igual a la utilidad bruta menos costo de incumplimiento el nivel de reposición menos la demanda. Con este algoritmo pudimos simular cada mes la utilidad neta de un producto de una empresa comercializadora de productos plásticos. Durante la simulación, se obtuvieron datos específicos del producto y se hicieron 30 simulaciones del modelo para 24 meses de trabajo. Los resultados confirman la utilidad del modelo para determinar los niveles de reposición y de servicio del producto.

Palabras claves*:* sistemas dinámicos, simulación, inventarios, determinación, reposición, demanda, reposición, utilidad neta, algoritmo.

Abstract

This research deals with the simulation of dynamic systems for the determination of replacement levels and services in inventories, which we are guided by an inventory simulation model where (Q) is the replacement level and (D) the demand. There are two types of formulas to find net income. If the demand is less than or equal to the replacement level then: Net profit is equal to the gross profit minus the retention cost the replacement level minus the demand. If the demand is greater than the replacement level then: Net profit is equal to the gross profit minus the default cost the replacement level minus the demand. With this algorithm we were able to simulate each month the net profit of a product from a company that sells plastic products. During the simulation, product-specific data was obtained and 30 model simulations were made for 24 months of work. The results confirm the usefulness of the model to determine the levels of replacement and service of the product.

Keywords: dynamic systems, simulation, inventories, determination, replenishment, demand, replenishment, net profit, algorithm.

I. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación nos enfocamos en la simulación de sistemas dinámicos para la determinación de niveles de reposición y puntos de reorden en inventarios como una aplicación de "sistemas dinámicos discreto". Para ello, tratamos los temas de simulación, sistema y simulación de los sistemas dinámicos.

La caracteriza principal de este tipo de simulación de sistemas dinámicos se pueden resumir en los siguientes aspectos: Estructura, Dinámica, Circularidad, Espacio, Tiempo, Apalancamiento, Estructura [1].

La Dinámica hace referencia a la evolución en función del tiempo; La Circularidad, estudia los factores que inciden en el comportamiento de una determinada variable; El Espacio, trata de que las realimentaciones circulares suelen estar distanciadas en el espacio, pero en general buscamos los efectos en la cercanía del evento que las produce; El Tiempo, las realimentaciones circulares suelen estar distanciadas en el tiempo (demoras) y por lo tanto las consecuencias de nuestros actos no se perciben de inmediato; Apalancamiento. Una propiedad de los sistemas es que, actuando en determinados puntos llamados de apalancamiento, se puede producir un efecto que es el de la acción sola [1].

De acuerdo con Forrester Jay, creador de la dinámica de sistemas, lo más importante en un sistema es su estructura y no sus componentes [2]. La aproximación tradicional a la resolución de un problema, lo separa en partes y resuelve cada una de ellas por separado. En la resolución sistémica, en cambio, se buscan las interconexiones entre las partes del problema y se resuelve como un conjunto. En un sistema es un conjunto de x elementos los cuales interaccionan entre sí, ya que cada uno afecta al otro ya que su principio es el mismo [2].

La simulación del inventario, objeto del presente proyecto, es un instrumento que minimiza costos, suministra la toma de decisiones y la falta en la operación y se utiliza para instituir un manejo de inventario de un producto cuya solicitud es incierta [3].

A lo largo de la historia, el hombre ha estudiado el desarrollo de diversos tipos de fenómenos (biológicos, físico,

económico…) respecto al tiempo, por ejemplo, el crecimiento de una población, el cambio climático y las crisis en la bolsa de valores [4]. La explicación matemática de estos fenómenos da lugar a sistemas dinámicos cuyo análisis facilita la compresión de la relación entre los princípiales factores involucrado, incluso permite hacer predicciones en particular [4].

Un sistema dinámico es la creación de un modelo que, al ser excitado, presenta respuestas especificadas (deseadas). El Proyecto envuelve prácticamente todas las etapas del análisis, que deberán ser ejecutadas de una forma minuciosamente y cuantas veces sea necesario. Un proyecto en sistemas dinámicos no es único, pudiendo haber varios proyectos similares presentando que pueden presentar desempeño satisfactorio [5].

El estudio de los sistemas dinámicos es una parte fundamental de la Ingeniería en las aplicaciones de sistemas dinámicos discretos, que proporciona herramientas para futuras aplicaciones en el área de control de procesos industriales, los cuales permiten incrementar la eficiencia y la calidad en la producción de la industria. En el estudio de los sistemas dinámicos se llega a una función de transferencia que explica el modelo del sistema, fundamentados en sus componentes físicos. Esta función de transferencia nos da paso para poder analizar el funcionamiento del sistema [5]. Así mismo, es posible establecer los diversos criterios de desempeño y determinación de variables de alta influencia en todo tipo de sistemas que se vaya a controlar [5].

Sin embargo, la ingeniería no se ocupa sólo de interpretar y manipular información matemática, sino que se encarga de obtener soluciones reales a problemas reales. Por esta razón es necesario incluir aplicaciones de la vida real en los problemas que se planteen como parte del estudio de los sistemas dinámicos [5].

Al tratar con problemas reales, se pueden asimilar conceptos de una manera más concreta, y se entienden que lo que están aprendiendo tiene un uso más allá de lo que se hace en el aula. Además, esto proporciona mayor material para analizar y discutir, ya que, en el modelo de un proceso real, cada variable estará relacionada con una propiedad de cualquier sistema físico presente en la industria [5].

Esto facilita la interpretación de los resultados del diseño dentro del contexto de un sistema real. Por último, el incluir procesos de diversa naturaleza dará una perspectiva más amplia a la línea de aplicaciones de sistemas dinámicos discretos [5].

La simulación de inventario es representada como un porcentaje fundamental de trabajo de una empresa. Por lo tanto, el objetivo primero es maximizar la rentabilidad de la compañía por medio de una correcta utilidad del inventario, minimizando el costo total de las actividades asegurando el nivel de servicio entregado al cliente [3].

Pregunta problema: ¿Cómo un modelo de simulación de sistemas dinámicos permite determinar los niveles de reposición y de servicios en inventarios?

Originalmente la Dinámica de Sistemas fue desarrollada para ayudar a los administradores corporativos a mejorar su entendimiento de los procesos industriales y actualmente es usada en el sector público y privado para el análisis y diseño de políticas [6].

La importancia de la Dinámica de Sistemas nos ayuda a visualizar, pensar, analizar y comprender el comportamiento de sistemas, permitiendo así la creación de modelos de simulación para conocer la evolución futura de los sistemas [6].

La Dinámica de Sistemas busca la solución de problemas, minimizando los riesgos y consecuencias no esperadas y, su fin es comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema [6].

En sistemas actuales tan complejos también se ve su importancia ya que encuentran a la Dinámica de Sistemas como una herramienta de análisis altamente confiable. [6]

Los sistemas dinámicos nos ayudan a comprender cómo evolucionan los procesos de la naturaleza. Modernamente han dado lugar a importantes descubrimientos, como la existencia de caos [3].

Su gran importancia es también visible en sus aplicaciones y uso en el análisis de sistemas ecológicos, sociales y económicos que la han hecho indispensable en la toma de decisiones dentro de la industria [3].

En el entorno empresarial el control de los inventarios juega un papel muy importante, puesto que es una de las actividades logísticas en donde es posible encontrar una alta probabilidad de reducir los costos de las empresas [3].

La dinámica de sistemas juega un papel muy importante en la gestión de inventarios, ya que es una de las metodologías con las cuales es posible observar el comportamiento del inventario en el tiempo, ayudando en la toma de decisiones a partir de los cambios en la demanda. Con esta herramienta es posible determinar, por medio de una simulación, cual es el comportamiento que están enfrentando ciertas variables frente a ciertos estímulos [3].

La construcción de modelos que permitan evaluar el comportamiento del inventario, a partir de la dinámica de sistemas, confluyen en sus principios fundamentales, los cuales pretenden mostrar cómo cambian las variables con el paso del tiempo y llevar a un acercamiento matemático, de modo que el sistema brinde soluciones analíticas a situaciones de alta complejidad [3].

II. ESTADO DEL ARTE

Los sistemas dinámicos son modelos matemáticos de sistemas que varían a lo largo del tiempo (Escribano Iglesias & Giraldo Carbajo, 2012.). Se describen mediante una serie de variables (cuyo valor en un instante determina el estado del sistema), y un conjunto determinista de reglas que establecen cómo será el siguiente estado futuro a partir del actual. Son un área joven de las matemáticas, aunque se remontan a Newton con sus estudios de Mecánica Celeste, y a Henri Poincaré, quien inició

el estudio cualitativo de las ecuaciones diferenciales. Sin embargo, fue hace apenas unos 40 años que los sistemas dinámicos se establecieron como un área propiamente dicha, gracias al trabajo destacado de matemáticos e ingenieros como: S. Smale, V. Arnold, Lyapunov (Escribano Iglesias & Giraldo Carbajo, 2012.).

J. W. Forrester, ingeniero de sistemas del Instituto Tecnológico de Masashussetts (MIT) desarrolló esta metodología durante la década de los cincuenta. La primera aplicación fue el análisis de la estructura de una empresa norteamericana y el estudio de las oscilaciones muy acusadas en las ventas de esta empresa, publicada como "Industrial Dynamics" [8].

En 1969 se publica la obra "Dinámica Urbana" en la que se muestra como el modelado de dinámica de sistemas es aplicable a sistemas de ciudades [8].

En 1970 aparece el modelo del mundo, trabajo que sirvió de base para que Meadows y Meadows realizasen el I Informe al Club de Roma, divulgado posteriormente con el nombre de "Los límites del crecimiento", estos trabajos y su discusión popularizaron la Dinámica de Sistemas a nivel mundial [8].

Forrester estableció un paralelismo entre los sistemas dinámicos (o en evolución) y uno hidrodinámico, constituido por depósitos intercomunicados por canales con o sin retardos, variando mediante flujos su nivel con el concurso de fenómenos exógenos [8].

III. SIMULACIÓN

La Simulación es un acto que consiste en imitar o fingir que se está realizando una acción cuando en realidad no se está llevando a cabo. Una persona o animal simula para cumplir con un objetivo determinado. Si bien es cierto que los seres humanos razonan y tienen más motivos para fingir o simular, los animales de diversas especies llevan en su instinto una capacidad que les permite simular que son parte de un entorno (esconderse) o hacerse los muertos para preservar sus vidas [11].. Su origen etimológico nos confirma que lo que queremos es parecer otra cosa que no somos al simular. Proviene del latín “Similis” que quiere decir “Parecido” [11].

La simulación es aplicada en campos de la investigación como la química, la biología, la matemática y la física, estudios comparativos de elementos de la naturaleza necesitan experimentos en los que se evalué el comportamiento, lo mismo sucede en la sociedad y el entorno cotidiano [11].

Cuando la simulación es un método científico se deben seguir una serie de procedimientos e indicaciones para cumplirlo: definición del sistema, en el que se establece cuáles son los elementos que se deben simular, incluyendo movimientos y aspectos relevantes. Formulación del Modelo, se crea o se imita el espacio en el que se produce el evento o fenómeno. Colección de Datos, al concluir el proceso de simulación, se tiene la información del proceso como si fuera el original o al menos el aproximado. Verificación, comparación y comprobación de los datos obtenidos en la simulación y los datos de la versión original. Interpretación, se evalúa y se le da uso a los datos obtenidos para así constatar que los datos obtenidos son en realidad los deseados. Documentación, los científicos soportan la información obtenida como datos guardados para así servir como apoyo a nuevas generaciones de experimentos científicos que continúen la labor [11].

Existen diversas definiciones para simulación, dentro de las cuales podemos decir, la simulación es un proceso de proyectar un modelo computacional de un sistema real y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender su comportamiento y evaluar estrategias para su operación [12]. De esta manera, podemos entender la simulación como un proceso amplio que engloba no sólo la construcción de un modelo, sino también todo un método experimental que se sigue, buscando:

- Describir el comportamiento del sistema;
- Construir teorías e hipótesis considerando las observaciones efectuadas;
- Usar el modelo para prever el comportamiento futuro, es decir, los efectos producidos por alteraciones en el sistema o por los métodos empleados en su operación [13].

Utilidad neta = Utilidad bruta – costo de incumplimiento (11)

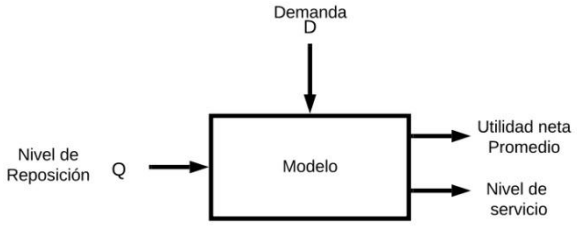

Figura 1. Modelo general de Simulación para inventarios
Fuente: [3].

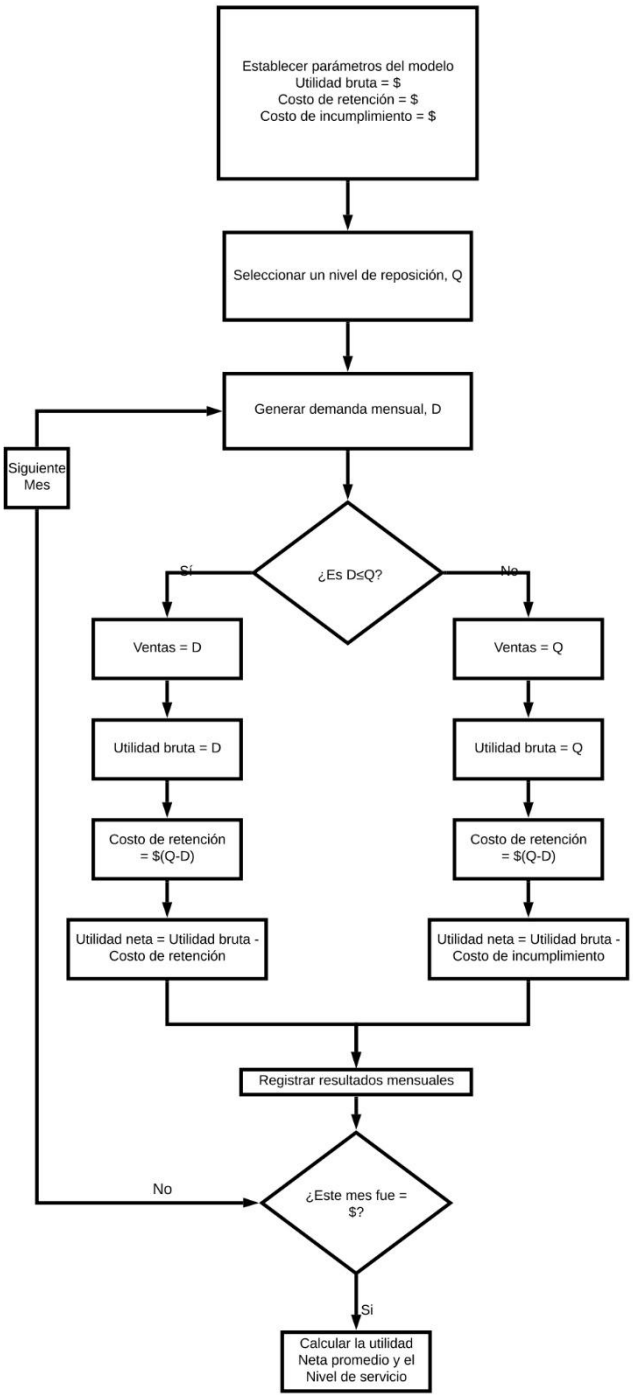

Figura 2. Flujograma del modelo de simulación para inventarios Fuente: [3].

IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- **TIPO DE INVETSIGACIÓN**

Nuestra investigación se basa en la investigación aplicada porque esta es la que más se relaciona con lo que tenemos planteado hacer ya que en este tipo de investigación lo que se hace es crear una relación entre la educación (o estudios científicos) y la industria, buscando así la solución de problemas o controlar situaciones practicas aplicando los conocimientos a una o varias áreas de estudio con el propósito de implementarlos para satisfacer alguna necesidad [16].

Teniendo lo anterior en cuenta para focalizarnos en nuestro proyecto que es la simulación de sistemas dinámicos en inventarios podemos relacionarlo porque lo que nosotros haremos será aplicar sistemas dinámicos discretos en los inventarios de un sistema productivo [16].

- **MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Nuestro método de investigación es inductivo ya que parte de lo general a lo específico y en este caso la generalidad sería la simulación de sistemas dinámicos y estos los aplicaremos específicamente a los inventarios como podemos crear soluciones a dicho problema planteado mediante observaciones de los sucesos u objetivos [17].

- **FUENTES DE INFORMACIÓN**

La investigación tiene un enfoque de investigación aplicada, donde buscamos información teórica para obtener conocimiento y que sean aplicados de una forma directa a la problemática, trabajando con un enfoque inductivo, donde estudiamos la información registrada, la clasificación de cada información encontrada de esta manera generalizamos la información frente a la pregunta de investigación y donde encontramos conclusiones generales a partir de la información obtenida y estudiada. Las fuentes de información en esta investigación son:

- Información secundaria es obtenida a través de información registrada en documentos científicos, libros, capítulos de libros, información de páginas web oficiales, investigaciones y diccionarios.
- Información primaria serán los datos obtenidos de un producto específico para aplicación del modelo de simulación de inventarios de eventos discretos.

V. RESULTADOS

El proceso de simulación se implementó en un producto de plástico: Tubulares de 6 metros de ancho x 450 de largo (Producto 1). En la Tabla 1 se presenta la demanda proyectada de los últimos 4 años. Estos datos fueron tomados de una empresa comercializadores de productos plásticos. La Tabla 2 y las figuras 4, 5 y 6, muestran el ajuste de las distribuciones de probabilidad a los datos de demanda. Como podemos ver, la demanda del producto sigue una distribución Gaussiana Inversa. Esto servirá para saber que distribución deben ser simulados los datos de demanda en el modelo de simulación mostrado en la Figura 2.

Tabla 1. Determinación de la demanda en años y meses.

Año	Mes	Producto 1
2016	Enero	23
	Febrero	17
	Marzo	21
	Abril	19
	Mayo	21
	Junio	22
	Julio	21
	Agosto	25
	Septiembre	29
	Octubre	24
	Noviembre	20
	Diciembre	25
2017	Enero	19
	Febrero	16
	Marzo	17
	Abril	22
	Mayo	20
	Junio	19
	Julio	19
	Agosto	17
	Septiembre	21
	Octubre	18
	Noviembre	22
	Diciembre	27
2018	Enero	16
	Febrero	14
	Marzo	19
	Abril	27
	Mayo	23
	Junio	16
	Julio	15
	Agosto	18
	Septiembre	15
	Octubre	15
	Noviembre	24
	Diciembre	22
2019	Enero	18
	Febrero	16
	Marzo	23
	Abril	17
	Mayo	20
	Junio	22
	Julio	23
	Agosto	16
	Septiembre	25
	Octubre	20
	Noviembre	23
	Diciembre	30

Tabla 2. Tabla de ajuste de la distribución

Distribución	*Parámetros Est.*	*Log Verosimilitud*	*KS D*
Gaussiana Inversa	2	-130,846	0,088525
Birnbaum-Saunders	2	-130,847	0,088544
Lognormal	2	-130,9	0,086418
Gamma	2	-131,078	0,089467
Valor Extremo Más Grande	2	-131,188	0,100216
Normal	2	-132,08	0,0860484
Loglogística	2	-132,278	0,094257
Logística	2	-132,982	0,0866588
Uniforme	2	-133,084	0,25
Weibull	2	-133,988	0,0926023
Laplace	2	-135,643	0,133317
Valor Extremo Más Chico	2	-138,155	0,125808
Exponencial	1	-192,834	0,499155
Pareto	1	-244,759	0,585039

Como hemos comentados, la tabla 2 compara la bondad de ajuste cuando varias distribuciones se ajustan a Producto 1. De acuerdo con el estadístico log verosimilitud, la distribución de mejor ajuste es la distribución gaussiana inversa.

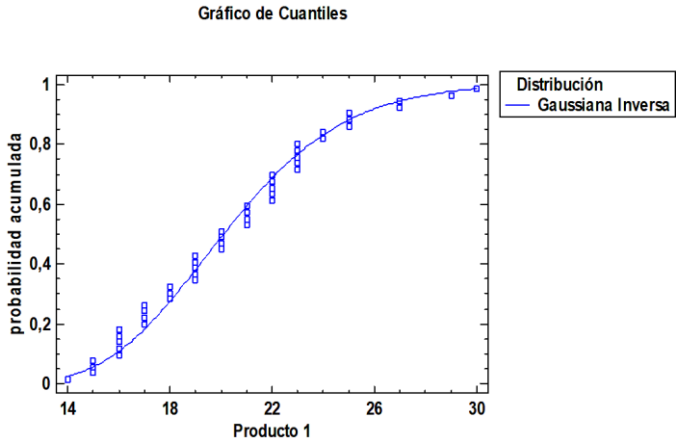

Figura 4. Gráfico de Guantiles de Statgraphics.

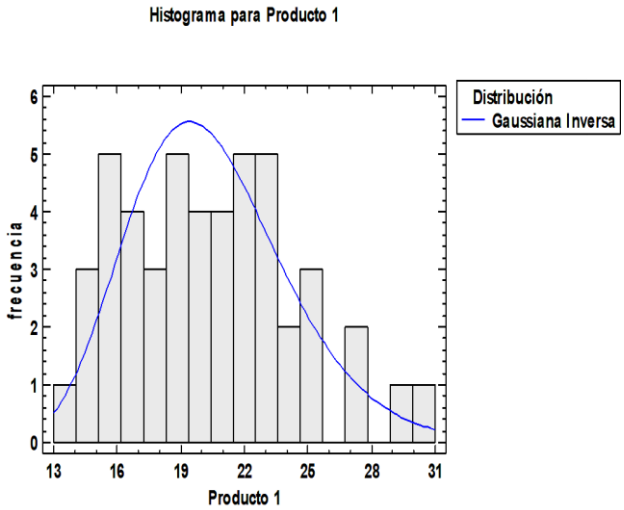

Figura 5. Histograma para Producto 1 en Statgraphics.

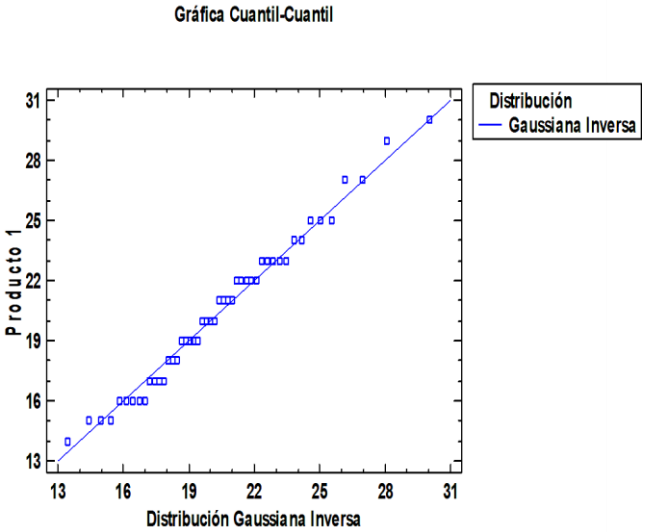

Figura 6. Gráfico de Guantil-Cuanfil, distribución inversa en Statgraphics.

La Tabla 3 presenta los datos de Precio de venta (PV), Costo (C), Utilidad (U), Costo de retención (CR) y Costo de incumplimiento (CI) para el producto. Estos fueron utilizados en la implementación del modelo de simulación. La Tabla 5 muestra los resultados de la Simulación para 24 meses en donde se utilizó los parámetros de la distribución Gaussiana Inversa mostrados en Tabla 4.

Tabla 3. Valores de la simulación.

PV	C	U	CR	CI
$ 3,050,000	$ 2,700,000	$ 350,000	$ 802.64	$ 105,000

Tabla 4. Parámetros de la demanda de producto 1

DISTRIBUCIONES AJUSTADAS	
Parametros Distribución Gaussiana Inversa	
Media (mensual)	20.4375
Escala (mensual)	29.0718

Tabla 5. Simulación para 24 meses de trabajo

Mes	Nivel de Reposición Q	Demanda	Ventas	Untilidad Bruta ($)	Costo de retención ($)	Costo de incumplimineto ($)	Utilidad neta ($)
1	21	12	12	$ 4,200,000.00	$ 7,223.76	$ -	$ 4,192,776.24
2	21	14	14	$ 4,900,000.00	$ 5,618.48	$ -	$ 4,894,381.52
3	21	23	21	$ 7,350,000.00	$ -	$ 210,000.00	$ 7,140,000.00
4	21	15	15	$ 5,250,000.00	$ 4,815.84	$ -	$ 5,245,184.16
5	21	21	21	$ 7,350,000.00	$ -	$ -	$ 7,350,000.00
6	21	17	17	$ 5,950,000.00	$ 3,210.56	$ -	$ 5,946,789.44
7	21	23	21	$ 7,350,000.00	$ -	$ 210,000.00	$ 7,140,000.00
8	21	21	21	$ 7,350,000.00	$ -	$ -	$ 7,350,000.00
9	21	17	17	$ 5,950,000.00	$ 3,210.56	$ -	$ 5,946,789.44
10	21	19	19	$ 6,650,000.00	$ 1,605.28	$ -	$ 6,648,394.72
11	21	17	17	$ 5,950,000.00	$ 3,210.56	$ -	$ 5,946,789.44
12	21	25	21	$ 7,350,000.00	$ -	$ 420,000.00	$ 6,930,000.00
13	21	18	18	$ 6,300,000.00	$ 2,407.92	$ -	$ 6,297,592.08
14	21	11	11	$ 3,850,000.00	$ 8,026.40	$ -	$ 3,841,973.60
15	21	16	16	$ 5,600,000.00	$ 4,013.20	$ -	$ 5,595,986.80
16	21	25	21	$ 7,350,000.00	$ -	$ 420,000.00	$ 6,930,000.00
17	21	22	21	$ 7,350,000.00	$ -	$ 105,000.00	$ 7,245,000.00
18	21	18	18	$ 6,300,000.00	$ 2,407.92	$ -	$ 6,297,592.08
19	21	17	17	$ 5,950,000.00	$ 3,210.56	$ -	$ 5,946,789.44
20	21	18	18	$ 6,300,000.00	$ 2,407.92	$ -	$ 6,297,592.08
21	21	20	20	$ 7,000,000.00	$ 802.64	$ -	$ 6,999,197.36
22	21	24	21	$ 7,350,000.00	$ -	$ 315,000.00	$ 7,035,000.00
23	21	17	17	$ 5,950,000.00	$ 3,210.56	$ -	$ 5,946,789.44
24	21	25	21	$ 7,350,000.00	$ -	$ 420,000.00	$ 6,930,000.00
TOTAL		455	435	$ 152,250,000.00	$ 55,382.16	$ 2,100,000.00	$ 150,094,617.84

El proceso de simulación se repitió 30 veces. Los resultados promedio para la demanda, las ventas, el costo de retención, el costo de incumplimiento y las utilidades se encuentran en la Tabla 6.

Tabla 6. En esta tabla se muestran el promedio y la desviación estándar de 30 resultados diferente que arrojo la tabla de simulación.

50%	Promedio	Desviación
Demanda	500.63333333333	21.2302375989
Ventas	465.66666666667	9.8412689584547
Untilidad Bruta ($)	$ 162,983,333.33	$ 3,444,444.14
Costo de retención ($)	$ 30,767.87	$ 7,899.00
Costo de incumplimineto ($)	$ 3,671,500.00	$ 1,371,386.25
Utilidad neta ($)	$ 159,281,065.47	$ 2,654,828.82
Nivel de Servicio (ventas/demnada - %)	93.104%	2.296%

Como podemos ver, para una reposición mensual de Q = 21 unidades, la compañía podría obtener en promedio un nivel de servicio de 93.104% y una utilidad promedio de aproximadamente 160 millones durante los 24 meses simulados.

VI. CONCLUSIONES

Los modelos de simulación sirven para predecir el comportamiento de sistemas. Permiten la toma de decisiones con base a resultados obtenidos y usando datos estimados, permiten en caminar el mejor curso de acción. En este trabajo hemos implementado un modelo de simulación para inventarios.

Para poder hacer la simulación en Excel tuvimos que hacer muchos pasos antes, primero hacer una tabla en Excel sobre la determinación de los años y meses del producto 1, después de eso pasamos a Statgraphics y colocamos todos esos valores, después Statgraphics nos arrojo que tipo de distribución podría ser esos valores (Figura 4), como gaussiana inversa estaba en el primer lugar la escogimos. Después simulamos 30 veces 30 valores diferentes en Excel con los valores aleatorios de la determinación que nos arrojo Statgraphics con la distribución Gaussiana inversa y para finalizar solo le sacamos el Promedio y la Desviación de las 30 veces de los 30 valores diferentes. Podemos decir que el método de simulación es efectivo para determinar un nivel de reposición Q y un nivel de servicio (Tabla 6).

VII. REFERENCIAS

[1] Y. X. Becerra, I. A. Fajardo , D. A. Leon Salas y J. G. Martinez, «SISTEMAS DE CONTROL Y DINAMICA DE SISTEMAS,» [En línea]. Available: https://es.scribd.com/document/400896164/Dinamica-de-Sistemas-convertido. [Último acceso: 22 02 2020].

[2] Y. APESTEGUI FLORENTINO, J. Aracil y F. Gordillo, «Dinamica de sistemas,» 1997. [En línea]. Available: http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/ms_s7_teo.pdf. [Último acceso: 25 02 2020].
[3] W. Camm Martin y A. Sweeney, Metodos cuantitativos para los negocios 11a, Mexico: cengage learning, 2011.
[4] L. A. Quezada Téllez, «Sistemas Dinámicos no lineales y su Aplicación a Fenómenos Sociales,» www.youtube.com, 2019 5 3. [En línea]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=yJomi2Y2oUU. [Último acceso: 22 02 2020].
[5] J. A. Vargas Becerra y F. E. Moreno Garcias, «Estudio y analisis de sistemas dinamicos,» 19 08 2017. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/36422818/LIBRO_Estudio_y_analisis_de_sistemas_dinamicos. [Último acceso: 22 02 2020].
[6] C. D. silva, «Dinámica de Sistemas,» 2012 JUNIO 04. [En línea]. Available: http://dinamicadesistemasudo.blogspot.com/2012/07/importancia-de-la-dinamica-de-sistemas.html?m=1. [Último acceso: 25 02 2020].
[7] M. d. C. Escribano Iglesias y A. Giraldo Carbajo, «Sistema dinámico,» 17 abril 2012.. [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Sistema_din%C3%A1mico.
[8] J. W. Forrester, «Dinámica de Sistemas-HISTORIA,» 1969-1970. [En línea]. Available: https://sites.google.com/site/dinamicadesistemasve/historia.
[9] S. Martinez Vicente y E. López Díaz, «Boletín de Dinámica de Sistemas,» [En línea]. Available: http://dinamica-de-sistemas.com/revista/0602e.htm.
[10] V. Gutiérrez y C. Julio Vidalb, «Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas,» 25 enero 2007. [En línea]. Available: file:///C:/Users/CARLOS/Downloads/n43a12.pdf. [Último acceso: 02 04 2020].
[11] The MathWorks, «Simulación de Sistemas Dinámicos,» 1994-2020 . [En línea]. Available: https://es.mathworks.com/discovery/dynamic-systems.html.
[12] C. F. Belda y E. U. Grande, «LOS MODELOS DE SIMULACIÓN: UNA HERRAMIENTA MULTIDISCIPLINAR DE INVESTIGACIÓN,» 05y06 2009. [En línea]. Available: http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%C2%BA32/Carmen_Fullana_Belda_y_Elena_Urqu%C3%ADa_Grande.pdf. [Último acceso: 03 04 2020].
[13] parangon(decision science), «parangon(decision science),» [En línea]. Available: https://www.paragon.com.br/es/academico-2/que-es-simulacion/.
[14] M. E. Raffino, «¿Qué es Dinámica?,» 12 febrero 2020. [En línea]. Available: https://concepto.de/dinamica/.
[15] J. M. AMIGO GARCIA, «Universidad Miguel Hernández,» 2020. [En línea]. Available: https://www.umh.es/contenido/Investigacion/:oferta_tec_481/datos_es.html. [Último acceso: 02 03 2020].
[16] Bibliotecas Duoc UC, «Definición,» 2018. [En línea]. Available: http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada.
[17] J. Pérez Porto y M. Merino, «metodo-inductivo,» 2012. [En línea]. Available: https://definicion.de/metodo-inductivo/. [Último acceso: 01 04 2020].
[18] D. Pegden, Interviewee, Conferencia de simulación de invierno en Savannah, https://d.lib.ncsu.edu/computer-simulation/videos/c-dennis-pegden-interviewed-by-robert-g-sargent-pegden/. [Entrevista]. 10 12 2014.
[19] - P. Sanchez Sanchez, J. R. García Gonzáles, C. H. Fajardo Toro, A. Pulido Rojano y E. Melamed Varela, Simulación de sistemas de emergencia en salud, Barranquilla, Colombia: Ediciones Universidad Simón Bolívar, 2018.
[20] A. Pulido-Rojan, R. De la Hoz-Reyes y E. Melamed-Varela, Avances en investigación de operaciones y ciencias administrativas, Barranquilla, Colombia: Ediciones Universidad Simón Bolívar, 2017.
[21] A. D. J. A. Pulido-Rojano, P. S. Sanchez y E. M. Varela, Nuevas tendencias en Investigación de Operaciones y Ciencias Administrativas: Un enfoque desde estudios iberoamericanos, Barranquilla, Colombia: Ediciones Universidad Simón Bolívar, 2018.