

MODELO DE SIMULACIÓN DE INVENTARIO PARA ESTUDIAR EL  
COMPORTAMIENTO DE LOS PRODUCTOS EN EL TIEMPO Y DETERMINAR  
ALTOS NIVELES DE SERVICIO

RAIZA MILENA GIL HERRERA

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESPECIALIZACIÓN EN LOGÍSTICA Y DE OPERACIONES

BARRANQUILLA

2020

MODELO DE SIMULACIÓN DE INVENTARIO PARA ESTUDIAR EL  
COMPORTAMIENTO DE LOS PRODUCTOS EN EL TIEMPO Y DETERMINAR  
ALTOS NIVELES DE SERVICIO

RAIZA MILENA GIL HERRERA

Trabajo presentado para optar por el título de  
ESPECIALISTA EN LOGÍSTICA DE OPERACIONES

Docente de la asignatura Seminario de Investigación II

ALEXANDER PULIDO ROJANO

UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESPECIALIZACIÓN EN LOGÍSTICA DE OPERACIONES

BARRANQUILLA

2020

NOTA de aceptación

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Barranquilla, Marzo de 2020

## **CONTENIDO**

|  |    |
|--|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                  | 5  |
| <b>1. GENERALIDADES DEL PROYECTO</b> ..... | 7  |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....      | 7  |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN.....                    | 9  |
| <b>2. OBJETIVOS</b> .....                  | 10 |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL .....                | 10 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....           | 10 |
| <b>3. MARCO DE REFERENCIA</b> .....        | 11 |
| 3.1. ESTADO DEL ARTE .....                 | 11 |
| 3.2. MARCO CONCEPTUAL.....                 | 13 |
| 3.3. MARCO TEÓRICO .....                   | 15 |
| 3.3.1. INVENTARIOS .....                   | 15 |
| 3.3.2. TIPOS DE INVENTARIOS.....           | 16 |
| 3.3.3. CLASES DE INVENTARIOS .....         | 16 |
| 3.3.4. MODELOS DE INVENTARIO.....          | 17 |
| <b>4. DISEÑO METODOLOGICO</b> .....        | 25 |
| <b>5. RESULTADO</b> .....                  | 29 |
| <b>6. ANALISIS DE RESULTADOS</b> .....     | 49 |
| <b>REFERENCIAS</b> .....                   | 51 |

## INTRODUCCIÓN

Los inventarios son parte primordial de los procesos operativos en las empresas, ya que, con ellos podemos identificar el movimiento que presentan las actividades productivas y comerciales en las compañías, motivo por el cual no son convenientes ni aceptables los sobreabastecimientos, porque genera grandes costos. Así mismo, quienes gestionan los inventarios deben asegurar que se generen pedidos analizando el movimiento del inventario evitando los faltantes sin desestimar los niveles de cumplimiento en la prestación del servicio al cliente.

(Lieberman, 2010) Nos dice que los inventarios prevalecen en el mundo de los negocios. Mantenerlos en un buen nivel es necesario para las compañías que operan con productos físicos como fabricantes, distribuidores y comerciantes.

En Colombia los análisis de los resultados anuales y la aproximación de las cifras nos dicen que las pymes: “Constituyen más del 90% de las entidades económicas, el 75% de los nuevos puestos de empleo y el 53% de la producción bruta de los sectores industriales, comerciales y de servicio se convierten en parte de la esencia de la economía nacional, no solo por el volumen de este tipo de empresas, si no también, por la relevancia que tienen en la contribución a los índices de empleo del país. (Quintero, 2018)

En este sentido, los datos que han sido proporcionados por la Gran Encuesta a las microempresas, que ejecutó la empresa Asociación Nacional de Instituciones Financieras (2018) dan a conocer las situaciones más comunes que deben enfrentar y superar las pequeñas y medianas empresas.

Usualmente, las pequeñas y medianas organizaciones presentan diferentes problemas en su abastecimiento que en ocasiones les imposibilita obtener óptimos niveles en la prestación de servicio, para esto, existen modelos aplicables en la administración de inventarios que con los cuales lograr valorar los riesgos desde el análisis, planificación y planteamiento de una política de inventarios logrando mitigar la ocurrencia de dichas situaciones adversas.

En el presente proyecto se propone un modelo de simulación de inventario en el que se analiza la situación y comportamiento actual de los niveles de reposición en tres productos seleccionados que nombraremos 1, 2 y 3 con demanda discreta independiente, aleatoria, basado en datos estadísticos históricos en una compañía distribuidora de utensilios plásticos, empresa perteneciente al sector comercial ubicada en la ciudad de Sincelejo. Se analizará sobre esta muestra ya que son las 3 referencias con mayor movimiento en la distribuidora quien vende al mayor y detal cada uno de los productos que ofrece.

La simulación es una metodología que se aplica para aprender acerca de un sistema real prototipando un modelo con base a éste, permite explorar en diferentes aspectos y plantear posibles soluciones contribuyendo a la toma de decisiones en la compañía, ya que es posible incorporar diferentes aspectos con base en un muestreo aleatorio, imitaciones repetidas, pronosticar la demanda para la administración y la definición de una política de inventarios, mediante la experimentación con el fin de emular sistemas complejos.

## **1. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los inventarios usualmente representan parte importante del activo de las organizaciones, por tanto es necesario administrarlos de forma correcta garantizando que cumplan con sus funciones a un costo mínimo. Es imprescindible contar con una política de inventarios alineada a los objetivos de la empresa, ya que, de esta manera se puede garantizar el cumplimiento en la colocación de un producto o la prestación de un servicio y esto conlleva a tener clientes satisfechos con óptimos niveles de servicio.

Es común evidenciar que el periodo crítico durante el ciclo de inventario ocurre en la recepción de pedidos. En este lapso de tiempo es, en el que generalmente, se presentan los problemas por faltantes o sobrantes según sea el caso.

El principal propósito de implementar una política de inventario para esta empresa distribuidora de productos es lograr administrar este proceso de forma eficiente y eficaz estableciendo los parámetros determinantes al momento de reordenar y reabastecer teniendo en cuenta los niveles de reposición según el comportamiento de los productos, que permitan altos niveles de servicio garantizando la utilidad esperada y minimizando los costos relacionados, tales como: costos de ordenamiento, costo de compra unitario, costos de almacenaje, costos de escasez y/o sobreabastecimiento.

Por ello se establece la necesidad de estudiar el comportamiento en la demanda y oferta específicamente de los tres productos seleccionados (que nombraremos 1, 2 y 3) mediante la simulación, abarcando datos aleatorios con base a valores y resultados de años anteriores. Cabe resaltar que el modelo propuesto será funcional, dado el caso, se desee evaluar demás referencias que ofrece la compañía.

Para el estudio se abordan datos históricos de ventas en cada uno de los productos según los últimos cuatro años, (periodo comprendido desde enero de 2016 a diciembre de 2019) con el fin de pronosticar el abastecimiento y posterior cumplimiento a la demanda ofertando

cantidades exactas, disminuyendo los costos y asegurando la utilidad y los niveles de servicio.

En este estudio se aplica un modelo de simulación para determinar el comportamiento del inventario y los niveles de servicio en el tiempo, experimentando inicialmente datos para 52 semanas.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La simulación tiene como ventaja principal ser de fácil entendimiento con una metodología aplicada que resulta de gran interés ya que permite modelar y adquirir conocimiento sobre el comportamiento de los sistemas de inventario, que muchas veces son difíciles de interpretar por la complejidad que estos generan al abordarlos analíticamente. El enfoque primordial de los inventarios es la identificación de las diferencias existentes entre la oferta y la demanda de un artículo, esto quiere decir que de no contar con acceso anticipado a la demanda pronosticada se incurre en errores de abastecimiento, que afecta todo tipo de planeación al abarcar la demanda. Existen variaciones que pueden ser tratadas desde la absorción de inventarios sin que haya faltantes.

Haciendo uso de la simulación se hace posible analizar y pronosticar el comportamiento de un sistema de inventario real; no obstante, la simulación no brinda garantías en la optimización de estos pero si conduce al planteamiento de soluciones efectivas de políticas basadas en el estudio y posterior proyección, ya que advierten contra las estrategias insuficientes en la toma de decisiones anticipándose a los resultados.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Proponer un modelo de simulación de inventario para estudiar el comportamiento de los productos en el tiempo y determinar altos niveles de servicio.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Estudiar los modelos de simulación de inventario para estimar utilidad y niveles de servicios.
- Analizar el comportamiento de la demanda con datos históricos de los productos para determinar el tipo de distribución de probabilidad.
- Proponer el modelo de simulación midiendo los parámetros como la utilidad neta alcanzada y los niveles de servicio.
- Determinar el porcentaje de reposición acorde a la utilidad y nivel de servicio.

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. ESTADO DEL ARTE

- (Jimenez, 2016) Nos dicen que el problema de producción – inventarios, se ha discutido desde diferentes puntos de vista, donde (He, Jewkes & Buzacott, 2002; He, 2002) y (Kutzner & Kiesmuller, 2013; Kutzner, 2013) han estudiado este problema desde procesos de decisión Markovianos, permitiendo la evaluación de diferentes políticas de reemplazamiento. Mientras tanto (Zhang, 2012) han tratado el problema desde programación dinámica estocástica. Por otra parte, se encuentran los modelos básicos basados en la cantidad económica de producción (Salameh & Jaber , 2008); (Mukhopadhyay & Goswami, 2014; Mukhopadhyay, 2014) que parten desde el EOQ con sus diversas variantes (Khan, 2011).
- (Escamilla & Herrera, 2017), elaboraron un proyecto titulado: “Diseño de un sistema de gestión de inventarios de prendas terminadas en la empresa French Vanilla Lingerie”. En donde realizaron un estudio en el que se aplicaron las diferentes herramientas de pronóstico y pudieron determinar que el modelo que más se ajusta a la empresa para controlar el sistema de inventario es el promedio móvil simple, con este modelo se logra un menor inventario de seguridad lo cual genera menos costo para la empresa y evita faltantes, consideran que con el modelo de pronóstico se podrán desarrollar proceso de planeación adecuados que permitan cumplir los objetivos de la empresa.
- Para diseñar políticas de control y gestión de inventarios encontramos diversos estudios o artículos que fueron publicados, en el sector de alimentos concentrados fue desarrollado una metodología para la gestión de inventarios de materia primas la cual contaba con 4 fases para su aplicación, en la primera fase se realiza una clasificación ABC para luego realizar diferentes análisis de la demanda y de esa manera poder establecer el nivel de servicio y el inventario de seguridad, como cuarta fase se determinó un modelo de optimización para definir el lugar de almacenamiento de los productos, como conclusión obtuvieron que los análisis de la demanda tales como

pronósticos tiene repercusiones en el nivel de servicio ofrecido ya que se pueden balancear los inventarios, se minimizan faltantes y se reducen excesos de otros productos. (Cardona Tunubala, Orejuela Cabrera & Trejos, 2018).

- Para modelar y proponer políticas de inventarios se utilizan y analizan los pronósticos, la demanda y los datos históricos de los movimientos del producto, en un estudio realizado a dos empresas se utilizó la desviación estándar de los errores del pronóstico y la utilización del correcto modelo de pronóstico que lleve a reducir el inventario de seguridad manteniendo el nivel de servicio, es importante resaltar que no siempre el uso de la desviación estándar de los datos históricos nos llevarán a la escogencia del modelo de pronóstico correcto ya que esto podría entenderse como que un modelo de promedio simple es el más idóneo a utilizar y la desviación estándar será mayor y así mismo el inventario aumentará. (M, 2017)
- Teniendo en cuenta que la gestión de inventarios y su correcta administración será un factor determinante en la consecución de los objetivos por parte de la compañía, en la industria de los productos perecederos en este caso la fresa, se propuso un diseño de un modelo para la administración de los inventarios de este cultivo, se usó el modelo de pedido de un solo periodo, a partir de la modelación se pudo verificar teóricamente la viabilidad del mismo, donde se observó que el modelo permite establecer niveles óptimos de recolección de cultivo y los momentos de renovación de los mismos. (Sanchez Pineda, 2018)
- El inventario es parte fundamental de las operaciones de las empresas. Además, es el mecanismo donde la empresa se apoya para realizar sus procesos productivos y poder cumplir con la demanda del mercado. También representa un activo de la empresa; pues, de acuerdo con (C, 2008) existen organizaciones que no administran sus inventarios de forma correcta, lo cual origina un cálculo erróneo de sus pedidos de reabastecimiento y, en consecuencia, carecen de tiempo suficiente para evitar faltantes. (Carreño Diego, 2019)

### 3.2. MARCO CONCEPTUAL

La siguiente terminología se encuentra relacionada con la investigación:

- **Inventario:** es un listado ordenado y valorado de productos de una empresa, o cual contribuye a la empresa en el aprovisionamiento de sus almacenes y bienes ayudando al proceso comercial o productivo y favoreciendo con todo ello la puesta a disposición del producto al cliente (Cruz Fernandez, 2017)
- **Stock:** los bienes o productos de la empresa que necesitan ser almacenados para su posterior venta o incorporación al proceso de fabricación son los que se conoce como stock en la empresa. (Cruz Fernandez, 2017)
- **Suministro:** Esta referido a la cantidad de producto que se reciben, jugando un papel fundamental los proveedores, sus ofertas y condiciones (Valverde, 2016)
- **Política de pedidos:** Enfoque para determinar cómo y cuándo reestablecer los inventarios.
- **Existencias:** Forman el stock de la empresa y pueden clasificarse según varios criterios, dentro de los cuales el más común en las empresas es el criterio contable. (Cruz Fernandez, 2017)
- **Ciclo de vida de un producto:** consiste en cómo evolucionan las ventas de un producto mientras ese permanece en el mercado, desde su lanzamiento hasta su retirada. (Cruz Fernandez, 2017)
- **Materias primas:** todos los elementos extraídos de la naturaleza que necesitan de un proceso de transformación para ser convertidos bien en componentes o en los productos finales en sí. (Cruz Fernandez, 2017)

- **Componentes:** Forman parte del proceso productivo para el producto final o en curso, pero se encuentran formados por los elementos más básicos, es decir, por las materias primas. (Cruz Fernandez, 2017)
- **Suministrar:** Acto por el que la empresa abastece a otra o a un cliente final de un bien de manera continuada o interrumpida. (Cruz Fernandez, 2017)
- **Punto de reorden:** nivel de inventario en el que se coloca una orden. (Hillier, 2015)
- **Tiempo de ciclo:** se conoce como el periodo entre pedidos. (Sweeney, 2011)
- **Tiempo de espera:** Tiempo entre la colocación de un pedido y su recepción en el sistema de inventario. (Sweeney, 2011)
- **Costo de ordenar:** Costos fijos asociados con la colocación del pedido de un artículo (Salarios, papel, transporte, etc.) (Sweeney, 2011)
- **Costo de retención:** Costo asociado con el mantenimiento de una inversión de inventario, incluidos el costo de la inversión de capital en el inventario, seguros, impuestos, gastos generales de almacenamiento, etc. Este costo puede establecerse como un porcentaje de la inversión en el inventario o como un costo de oportunidad. (Sweeney, 2011)
- **Posición del inventario:** inventario disponible más el inventario solicitado.
- **Modelo de inventario determinístico:** Donde la demanda se considera conocida y no sujeta a incertidumbre.
- **Modelo de inventario probabilístico:** Donde la demanda no se conoce con exactitud; las probabilidades se asocian con los posibles valores de la demanda.

### 3.3. MARCO TEÓRICO

#### 3.3.1. INVENTARIOS

Se puede definir como una herramienta básica que relaciona de forma detalla los materiales, productos, mercancías, que una empresa almacena y categoriza según sus características; Permite gestionar las necesidades de abastecimiento, es decir, saber cuándo hacer el pedido al proveedor y la cantidad requerida.

Los inventarios son reservas de materias primas, suministros, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo de la producción y el canal logístico (*Bollou, 2004*). Según el autor, mantener inventarios en mano puede costar a la organización alrededor del 20 y 40% de su valor por año, dependiendo del producto, del ciclo de vida del producto y otros factores.

Las principales razones por las cuales las empresas deciden contar con inventario son, para mejorar el servicio al cliente y reducir costos.

El objetivo del inventario es confirmar o verificar el tipo de existencias que disponemos en la empresa, mediante un recuento físico de los materiales existentes. (*Coalla, 2017*)

Los inventarios aglutinan el conjunto de bienes que las empresas requieren para satisfacer la demanda de los productos o servicios que ofertan. Las principales razones que justifican el mantenimiento de inventarios se centran en lograr economías de escala, enfrentar la incertidumbre, especulación, prescindir de las inversiones en tránsito, suavizar la variabilidad de la demanda, restricciones de la logística empresarial y costos de los sistemas de control. (*S, 2007*)

La función de aprovisionamiento consiste en procurarle a las empresas, en el momento oportuno y a los costos más reducidos, todas las mercancías y/o materiales necesarios para la ejecución de las tareas que involucran las diversas actividades a las que se dedican (producción, prestación de servicios y/o ventas). Tradicionalmente, se ha considerado el aprovisionamiento como sinónimo de compra o adquisición de bienes y servicios, pero en la actualidad se considera que abarca mucho más. Esta función incluye, además de las compras, el almacenamiento y la gestión de inventarios. (*Chacon, 2010*)

### 3.3.2. TIPOS DE INVENTARIOS

Actualmente existen y se conocen muchas clasificaciones y tipos de inventario, sin embargo algunos de los más importantes son los siguientes:

- **Materias primas y componentes (MP)**

Comprende todas las materias primas y componentes que se utilizan para la fabricación y producción de productos terminados, pero que todavía no han sido procesados. . (Coalla, 2017)

- **Piezas de repuesto de los equipos y de suministros industriales (PP)**

Este tipo de inventario incluye:

Materias Primas secundarias: aquellas que utilizamos en la elaboración de los productos.

Artículos de consumo: Son aquellos productos que utilizamos en nuestras instalaciones, como combustible para la maquinaria, productos de limpieza, entre otros. (Coalla, 2017)

- **Productos terminados (PT)**

Son todos los productos terminados que el departamento de producción nos envía para su almacenamiento y constituye todos los artículos que están a la venta. Este tipo de inventario estará condicionado por la demanda que nuestros productos tengan en el mercado. (Coalla, 2017)

### 3.3.3. CLASES DE INVENTARIOS

Teniendo en cuenta los tipos de materiales o productos que van a ser inventariados, existirán distintas clases de inventarios. A continuación se detalla una primera clasificación en función de diferentes características:

- Según el momento:
  - ✓ Inventario inicial
  - ✓ Inventario final
- Según la periodicidad
  - ✓ Inventario intermitente

- ✓ Inventario perpetuo
- Según la forma
  - ✓ Inventario de materias primas
  - ✓ Inventario de productos en fabricación o en curso
  - ✓ Inventario de producto terminado
  - ✓ Inventario de suministros de fabrica
  - ✓ Inventarios de mercancías
- Según la función
  - ✓ Inventario de transito
  - ✓ Inventario de ciclo
  - ✓ Inventario d seguridad
  - ✓ Inventario de previsión
  - ✓ Inventario de desacoplamiento
- Otros tipos
  - ✓ Inventario físico
  - ✓ Inventario mínimo
  - ✓ Inventario máximo
  - ✓ Inventario disponible
  - ✓ Inventario en línea

#### 3.3.4. MODELOS DE INVENTARIO

Las dificultades de los inventarios guardan relación específicamente en el aseguramiento de la reserva de un artículo para la satisfacción de la demanda fluctuante; mientras que el mantener en exceso la disponibilidad de un artículo genera aumentos en el costo de capital y de almacenamiento, a la vez que el presentar faltantes obstaculiza los procesos productivos y/o comerciales.

En definitiva debemos alcanzar niveles óptimos de inventario logrando balancear ambas situaciones, minimizando los costos y esto se logra mediante el diseño de una política de inventario que dé respuesta específicamente a dos interrogantes claves ¿Cuánto pido? Y ¿Cuándo lo pido?

Generalmente los modelos de inventarios tienden a ser complejos debido a que dependen específicamente del tipo de demanda, ya sea probabilística o determinística.

Según *Taha (2012)*, en situaciones prácticas, el patrón de la demanda en un modelo de inventario puede asumir uno de cuatro tipos:

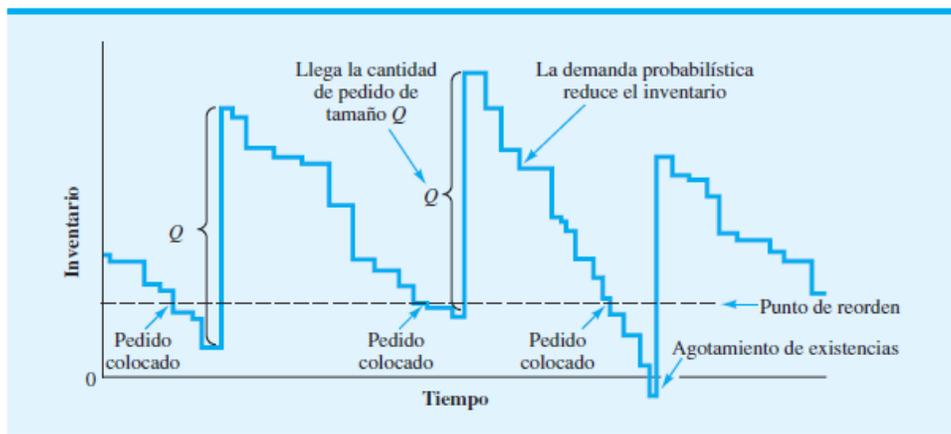
1. Determinístico y constante (estático) con el tiempo
2. Determinístico y variable (dinámico) con el tiempo
3. Probabilístico y estacionario a lo largo del tiempo
4. Probabilístico y no estacionario a lo largo del tiempo

Esta clasificación supone la disponibilidad de datos confiables para pronosticar la futura demanda. (*Taha, 2012*).

- ✓ **Modelo de puntos de reorden:** (Cantidad fija, tiempo variable) el punto de volver a ordenar se expresa en función de la posición del inventario;  $r = dm$
- Punto de reorden = (tasa de demanda) x (Tiempo de entrega)

(*Sweeney, 2011*)

***Patrón de un modelo de inventario de punto de reorden y cantidad de pedido con demanda probabilística (Métodos cuantitativos para los negocios 9na Edición, 2011)***



- ✓ **Modelo de revisión periódico:** (tiempo fijo, cantidad variable). Con un sistema de revisión periódica, el inventario se revisa y vuelve a ordenar solo en puntos especificados en el tiempo, por ejemplo, el inventario puede ser revisado y los pedidos hechos cada semana, cada dos semanas y cada mes o con otra periodicidad.

En este caso, la decisión de cuanto ordenar en cualquier periodo de revisión se determina así:

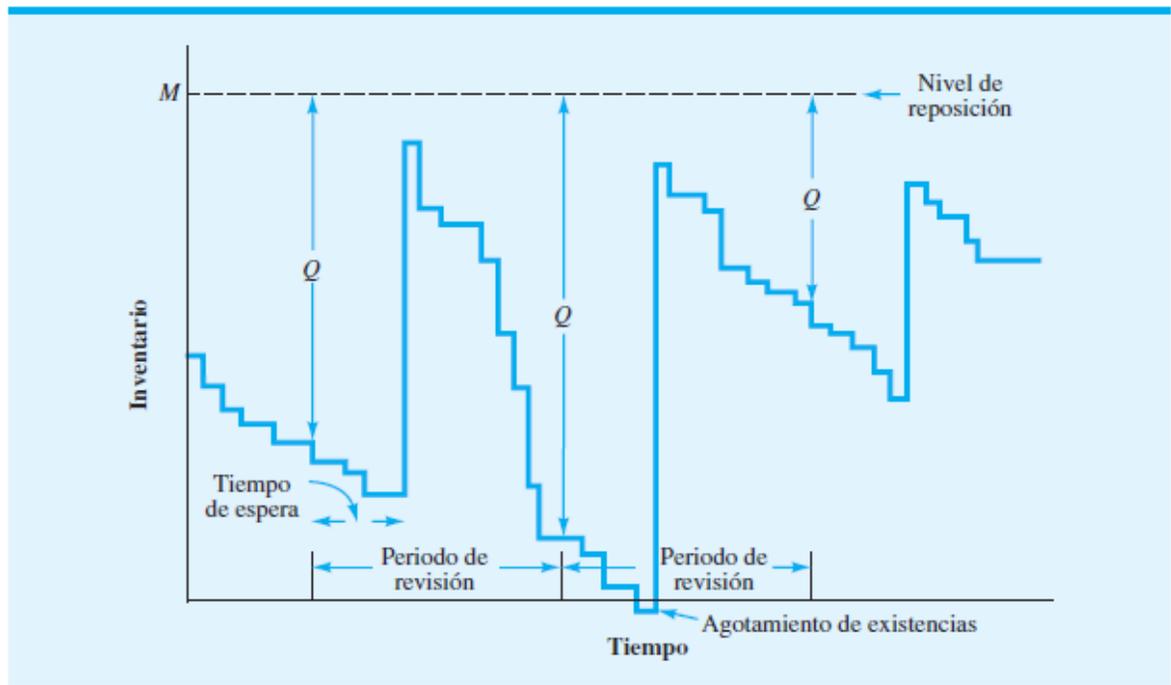
$$Q = M - H$$

Q = Cantidad de pedido

M = Nivel de reemplazo

H = Inventario disponible en el periodo de revisión

*Patrón de un modelo de revisión periódica con demanda probabilística (Métodos cuantitativos para los negocios 9na Edición, 2011).*

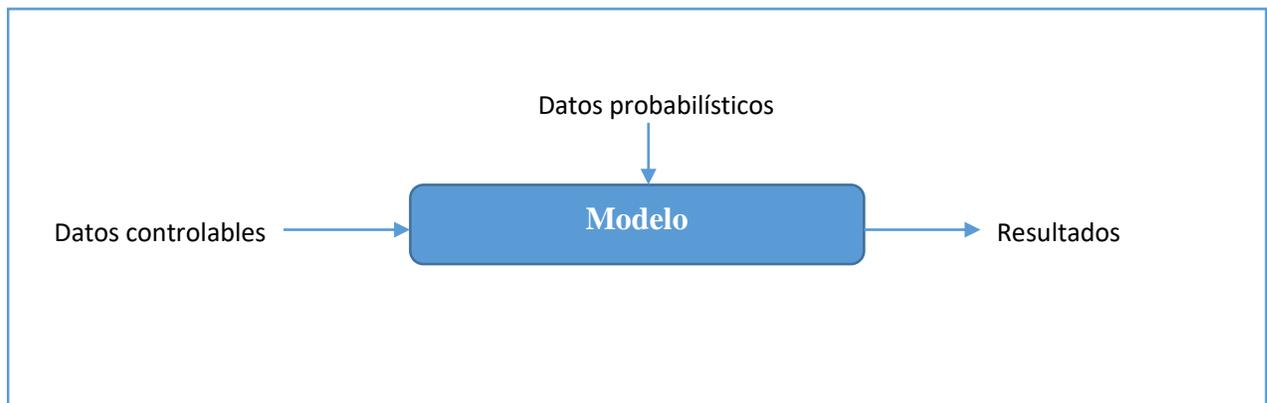


En el modelo de revisión periódica, la cantidad de pedido en cada periodo de revisión debe ser suficiente para satisfacer la demanda durante el *periodo de revisión más la demanda durante el siguiente tiempo de espera*. Es decir, la cantidad de pedido que lleve a la posición del inventario al nivel de reposición  $M$  debe durar hasta que el pedido hecho en el siguiente periodo de revisión se reciba en el inventario. La duración de este tiempo es igual al periodo de revisión más el tiempo de espera.

✓ **Modelo de simulación para inventario**

La simulación es uno de los métodos cuantitativos más ampliamente utilizados para tomar decisiones. El modelo de simulación contiene las expresiones matemáticas y relaciones lógicas que describen como calcular el valor de los datos de salida dados los valores de datos de entrada.

Cualquier modelo de simulación tiene dos datos de entrada: controlables y probabilísticos. (Anderson, Sweeney, Williams, Camm, Martin, 2011).



**FIGURA 1: DIAGRAMA DE UN MODELO DE SIMULACIÓN.**

La simulación de inventarios se lleva a cabo haciendo selección de los datos de entrada controlables, seguidamente, los valores de datos probabilísticos se generan al azar. En el modelo de simulación se toman estos datos de entrada y se calculan los valores de salida. Realizando este experimento se puede percibir como los datos controlables afectan o modifican la simulación, es por eso que resulta beneficioso para el control de inventario, ya que el analista puede recomendar los datos de entrada controlables obteniendo los resultados y obtener los resultados del sistema real.

La simulación ha sido aplicada en una gran variedad de procesos, los más típicos son, según (Sweeney, 2011):

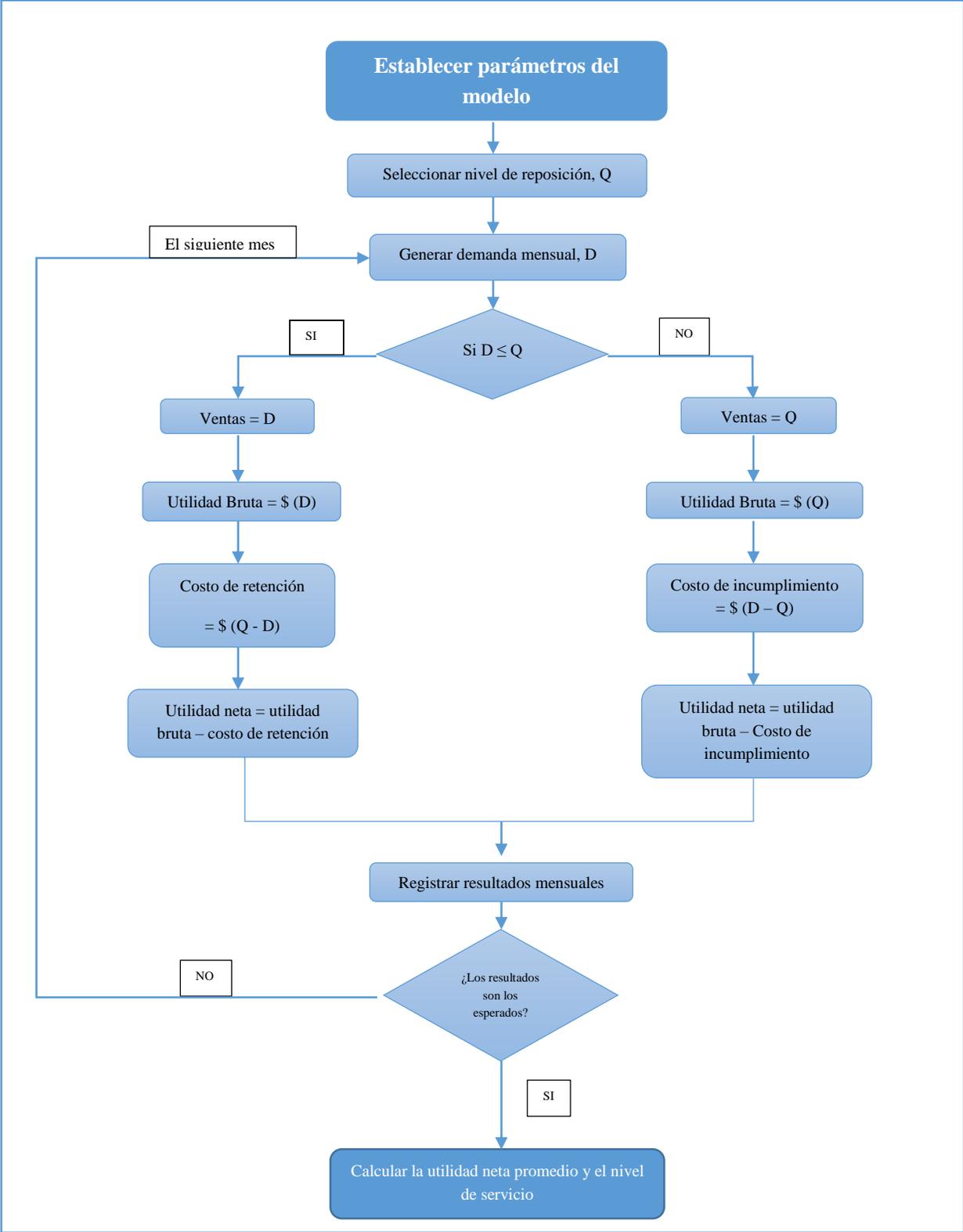
- **Desarrollo de un nuevo producto:** este tipo de simulación tiene como objetivo determinar la probabilidad de que un producto nuevo sea redituable. Se desarrolla un modelo que relaciona el beneficio o la utilidad (la medida de resultado) con varios datos de entrada probabilísticos como demanda, costo de piezas y costo de la mano

de obra. El único dato de entrada controlable es si se introduce el producto en el mercado. Se generara varios valores posibles para los datos de entrada probabilísticos y se calculará la utilidad resultante.

- **Sobreventa de boletos en una aerolínea:** El objetivo de esta simulación es determinar el número de reservaciones que una aerolínea debe aceptar para un vuelo particular. Se desarrolla un modelo de simulación que relaciona la utilidad del vuelo con un dato de entrada probabilístico, el número de pasajeros con reservación que aparecen y utilizan su reservación; un dato de entrada controlable, el número de reservaciones aceptadas para el vuelo. Por cada valor seleccionado del dato de entrada controlable se generara varios valores posibles para el número de pasajeros que aparecen y se puede calcular la utilidad resultante. Modelos de simulación similares son apropiados para sistemas de reservación de hoteles y renta de automóviles.
- **Política de inventario:** el objetivo de esta simulación es seleccionar una política de inventario que genere un buen servicio al cliente a un costo razonable. Se desarrolla un modelo que relaciona dos medidas de los resultados, costo total del inventario y el nivel de servicio, con datos de entrada probabilísticos, como demanda del producto y tiempo de espera de entregas de los vendedores, y datos de entrada controlables como cantidad de pedido y el punto de reorden. Por cada serie de datos de entrada controlables se generaran varios valores posibles para los datos de entrada probabilísticos y se calcularan los niveles de costo y servicio resultante.
- **Flujo de tráfico:** el objetivo de esta simulación es determinar el efecto de instalar una señal que de vuelta a la izquierda en el sentido del flujo de tránsito en una intersección congestionada. Se desarrolla un modelo que relaciona el tiempo de espera de los vehículos para cruzar la intersección con datos de entrada probabilísticos como el número de vehículos que llegan y la fracción que desea dar vuelta a la izquierda y datos de entrada controlables como el tiempo que la señal de vuelta a la izquierda está activa. Por cada serie de datos de entrada controlables, se generaran valores para los datos de entrada probabilísticos y se calcularan los tiempos de espera resultantes de los vehículos.
- **Líneas de espera:** El objetivo de esta simulación es determinar los tiempos de espera de clientes en el cajero automático de un banco (ATM). Se desarrolla un modelo que

relaciona los tiempos de espera de los clientes con datos de entrada probabilísticos, como llegadas de clientes y tiempo de servicio y un dato de entrada controlable el número de cajeros automáticos instalados. Por cada valor del dato de entrada controlable (el número de cajeros automáticos), se generarán varios valores para los datos de entrada probabilísticos y se calcularán los tiempos de espera de los clientes.

Si bien es cierto la simulación no es aplicada como método de optimización pero si ayuda describir o predecir como trabajará un sistema con opciones dadas para datos controlables y valores que se obtienen al azar teniendo en cuenta datos históricos y esto con el fin de lograr alcanzar sistemas deseables, es decir es una herramienta que nos puede llevar a diseñar un sistema que funcione bien.



**FIGURA 2: FLUJO GRAMA DEL PROCESO DE SIMULACIÓN.**

El diagrama de flujo es una representación gráfica en el que se describe la lógica, en este caso, del proceso para construir un modelo de simulación.

La figura 2 explica el proceso de simulación de inventario, el cual inicia su estudio estableciendo los parámetros pertinentes para el caso en cuestión. Luego se seleccionan los niveles de reposición  $Q$  que se ajusten a la investigación, seguidamente se generan los datos mensuales de la demanda.

Si la demanda resulta menor o igual que los niveles de reposición se generan costos de retención por los productos que sobran en el inventario, En el caso contrario, siendo la demanda mayor o igual que el nivel de reposición las ventas serán igual al valor de  $Q$ , lo que causa insatisfacción de nuestro cliente, porque los productos en stock se agotan y no logran suplir la necesidad existente.

#### **4. DISEÑO METODOLOGICO**

Es pertinente definir la solución de problemas como el proceso para identificar diferencias entre el estado actual de las cosas y el estado deseado, posteriormente direccionar las acciones en función a la eliminación de las disyuntivas.

Según (Sweeney, 2011) el proceso de solución de problemas implica los pasos siguientes:

- a. Identificar y definir el problema
- b. Determinar el conjunto de soluciones alternas
- c. Determinar el criterio o criterios que se utilizaran para evaluar las alternativas
- d. Evaluar las alternativas
- e. Elegir una alternativa
- f. Implementar la alternativa seleccionada
- g. Evaluar los resultados para determinar si se ha obtenido una solución satisfactoria

Generalmente hacemos uso del término “Toma de decisiones” cuando se emprende la solución de problemas y está estrictamente relacionado con los primeros 5 ítems nombrados anteriormente y este proceso finaliza con la elección del camino que conducirá al resultado deseado.

El presente proyecto inicia en el estudio de los modelos de simulación de inventario existentes. Se elige como alternativa el Modelo de simulación para Política de inventario, el cual tiene como objetivo seleccionar una política de inventario que genere un buen servicio al cliente a un costo razonable. Este modelo se desarrolla relacionando dos medidas de los resultados, costo total del inventario y el nivel de servicio, con datos de entrada probabilísticos como demanda del producto, datos de entrada controlables como cantidad de pedido y el punto de reorden. Por cada serie de datos de entrada controlables se generaran valores posibles para los datos de entrada probabilísticos para calcular los niveles de costo y servicio resultante una vez aplicado el modelo.

Para el desarrollo del modelo se tomó como base las medidas objetivas, posteriormente se analizaron los datos estadísticos y matemáticos de la información, finalmente se aplica el modelo de simulación pertinente.

Se determina como un estudio investigativo de tipo cuantitativo aplicado, basado en la experimentación partiendo de lo general a lo particular.

- Fuentes de información primaria: Producto 1 – Producto 2 – Producto 3.

**Producto 1**

| PV       | C       | U         | CR<br>(\$/UNIDAD*SEMANA) | CI        |
|----------|---------|-----------|--------------------------|-----------|
| \$ 2.500 | \$1.800 | \$<br>700 | \$<br>15,52              | \$<br>210 |

**Producto 2**

| PV              | C               | U             | CR           | CI            |
|-----------------|-----------------|---------------|--------------|---------------|
| \$<br>3.050.000 | \$<br>2.700.000 | \$<br>350.000 | \$<br>802,64 | \$<br>105.000 |

**Producto 3**

| PV           | C            | U            | CR          | CI          |
|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| \$<br>30.000 | \$<br>16.000 | \$<br>14.000 | \$<br>26,72 | \$<br>4.200 |

- Fuentes de información secundaria: Determinación de la demanda.

*TABLA 1: DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA*

| <b>DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA</b> |         |            |            |            |
|------------------------------------|---------|------------|------------|------------|
| Año                                | Mes     | Producto 1 | Producto 2 | Producto 3 |
| 2016                               | Enero   | 3770       | 23         | 290        |
|                                    | Febrero | 2950       | 17         | 226        |
|                                    | Marzo   | 2575       | 21         | 158        |
|                                    | Abril   | 3171       | 19         | 170        |
|                                    | Mayo    | 3170       | 21         | 200        |
|                                    | Junio   | 3056       | 22         | 180        |
|                                    | Julio   | 2579       | 21         | 156        |

|      |            |      |    |     |
|------|------------|------|----|-----|
|      | Agosto     | 3772 | 25 | 141 |
|      | Septiembre | 3311 | 29 | 243 |
|      | Octubre    | 3296 | 24 | 181 |
|      | Noviembre  | 4255 | 20 | 216 |
|      | Diciembre  | 4010 | 25 | 258 |
| 2017 | Enero      | 3290 | 19 | 207 |
|      | Febrero    | 2934 | 16 | 195 |
|      | Marzo      | 2233 | 17 | 125 |
|      | Abril      | 2978 | 22 | 155 |
|      | Mayo       | 2977 | 20 | 172 |
|      | Junio      | 2834 | 19 | 165 |
|      | Julio      | 2470 | 19 | 135 |
|      | Agosto     | 3655 | 17 | 136 |
|      | Septiembre | 3276 | 21 | 222 |
|      | Octubre    | 3324 | 18 | 150 |
|      | Noviembre  | 4001 | 22 | 205 |
|      | Diciembre  | 3816 | 27 | 225 |
| 2018 | Enero      | 3170 | 16 | 221 |
|      | Febrero    | 2690 | 14 | 190 |
|      | Marzo      | 2472 | 19 | 145 |
|      | Abril      | 3175 | 27 | 144 |
|      | Mayo       | 2979 | 23 | 170 |
|      | Junio      | 2687 | 16 | 143 |
|      | Julio      | 2571 | 15 | 129 |
|      | Agosto     | 3773 | 18 | 142 |
|      | Septiembre | 3296 | 15 | 193 |
|      | Octubre    | 3388 | 15 | 170 |
|      | Noviembre  | 3985 | 24 | 208 |
|      | Diciembre  | 4670 | 22 | 210 |
| 2019 | Enero      | 3536 | 18 | 260 |

|            |      |    |     |
|------------|------|----|-----|
| Febrero    | 2931 | 16 | 183 |
| Marzo      | 2283 | 23 | 135 |
| Abril      | 2938 | 17 | 170 |
| Mayo       | 3173 | 20 | 206 |
| Junio      | 2805 | 22 | 134 |
| Julio      | 2690 | 23 | 182 |
| Agosto     | 3530 | 16 | 125 |
| Septiembre | 3410 | 25 | 203 |
| Octubre    | 3240 | 20 | 168 |
| Noviembre  | 4010 | 23 | 223 |
| Diciembre  | 4845 | 30 | 277 |

Se comprenden valores históricos de los 4 años anteriores, específicamente el periodo de 2016 a 2019 procediendo a realizar el análisis estadístico para cada uno de los productos.

## 5. RESULTADO

Con base a los datos históricos estimados desde el año 2016 al 2019 se genera el resumen estadístico en el que se logra determinar que estos presentan una distribución normal ya que analizando los resultados obtenidos, específicamente la curtosis establece coeficientes positivos para el producto 1 lo cual indica que hay una mayor concentración de los datos en torno a la media para este producto. A diferencia del producto 2 y 3 que genera un coeficiente de curtosis platicurtico.

**TABLA 2: RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS PRODUCTOS 1, 2 Y 3**

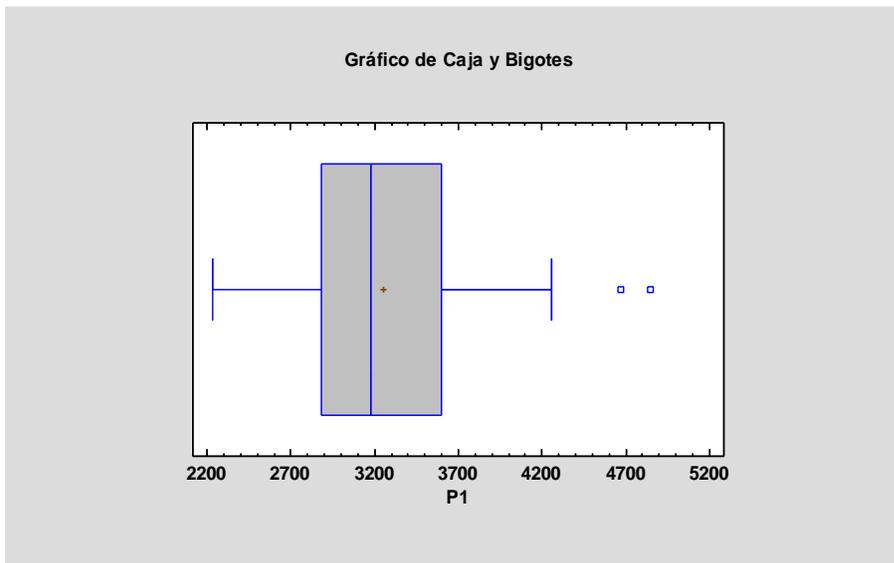
| <i>Producto 1</i>         |          | <i>Producto 2</i>         |           | <i>Producto 3</i>         |           |
|---------------------------|----------|---------------------------|-----------|---------------------------|-----------|
| Recuento                  | 48       | Recuento                  | 48        | Recuento                  | 48        |
| Promedio                  | 3248,96  | Promedio                  | 20,4375   | Promedio                  | 184,208   |
| Desviación Estándar       | 581,554  | Desviación Estándar       | 3,83104   | Desviación Estándar       | 41,262    |
| Coefficiente de Variación | 17,90%   | Coefficiente de Variación | 18,75%    | Coefficiente de Variación | 22,40%    |
| Mínimo                    | 2233     | Mínimo                    | 14        | Mínimo                    | 125       |
| Máximo                    | 4845     | Máximo                    | 30        | Máximo                    | 290       |
| Rango                     | 2612     | Rango                     | 16        | Rango                     | 165       |
| Sesgo Estandarizado       | 1,82159  | Sesgo Estandarizado       | 1,27272   | Sesgo Estandarizado       | 1,69071   |
| Curtosis Estandarizada    | 0,538908 | Curtosis Estandarizada    | -0,356707 | Curtosis Estandarizada    | -0,233288 |

## PRODUCTO 1

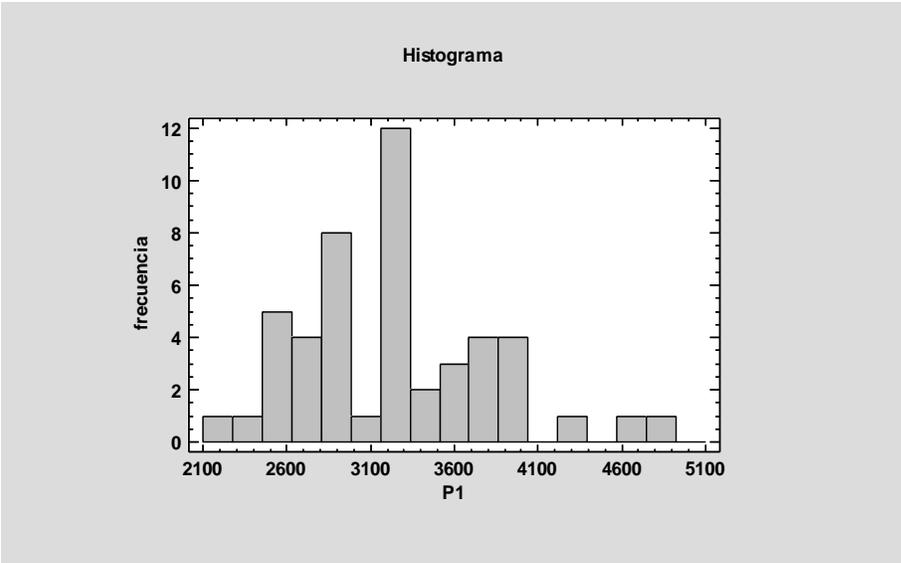
- **Análisis del resumen estadístico**

En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

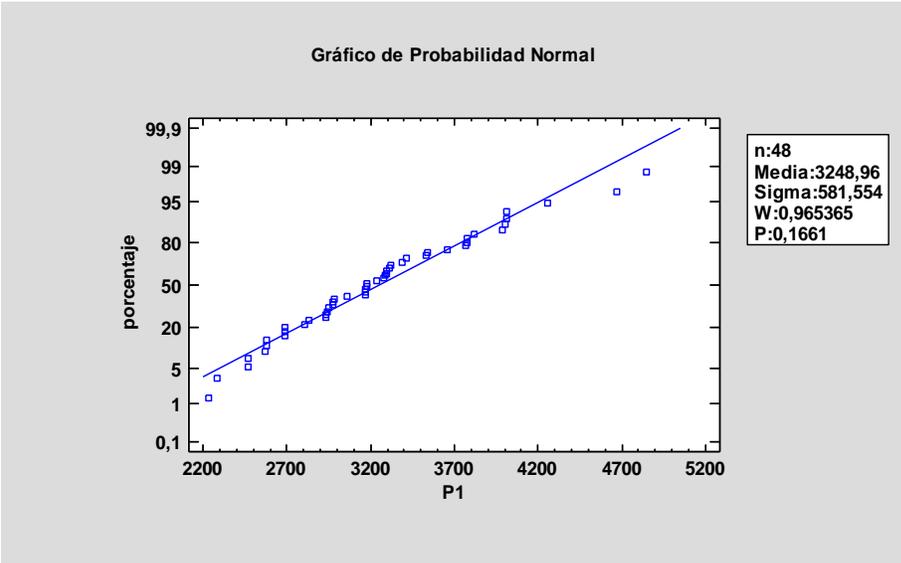
### 1. GRÁFICO DE CAJA DE BIGOTES PRODUCTO 1



### 2. HISTOGRAMA PRODUCTO 1



### 3. PRUEBA DE NORMALIDAD PRODUCTO 1

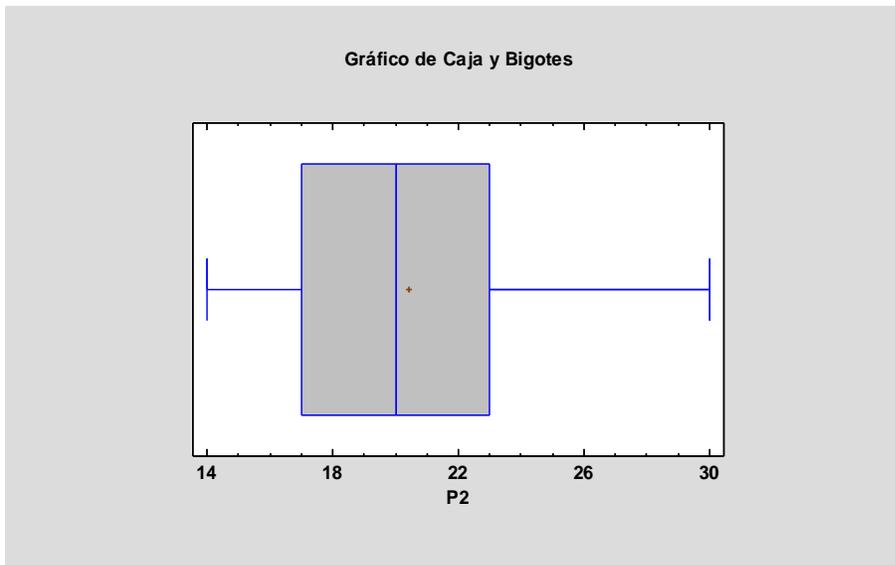


## PRODUCTO 2

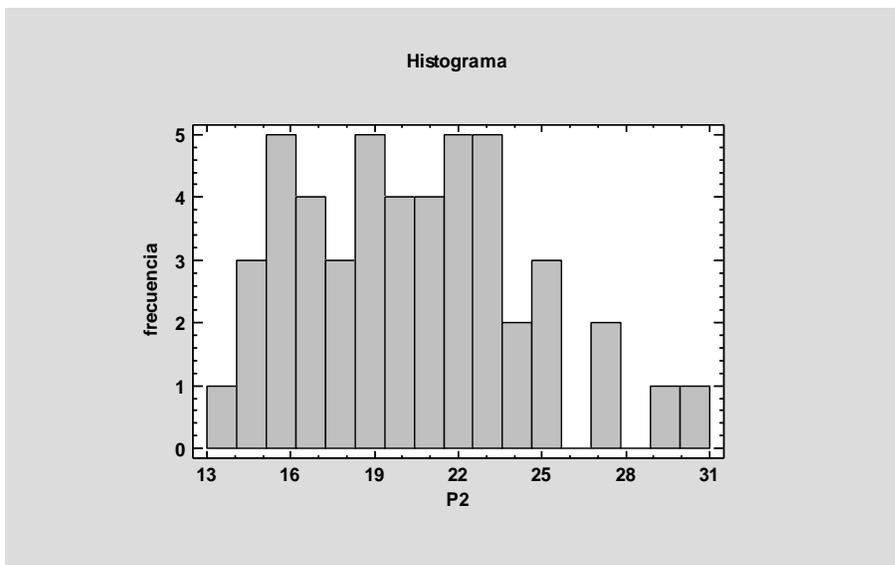
### Resumen estadístico

El valor de curtosis estandarizada se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

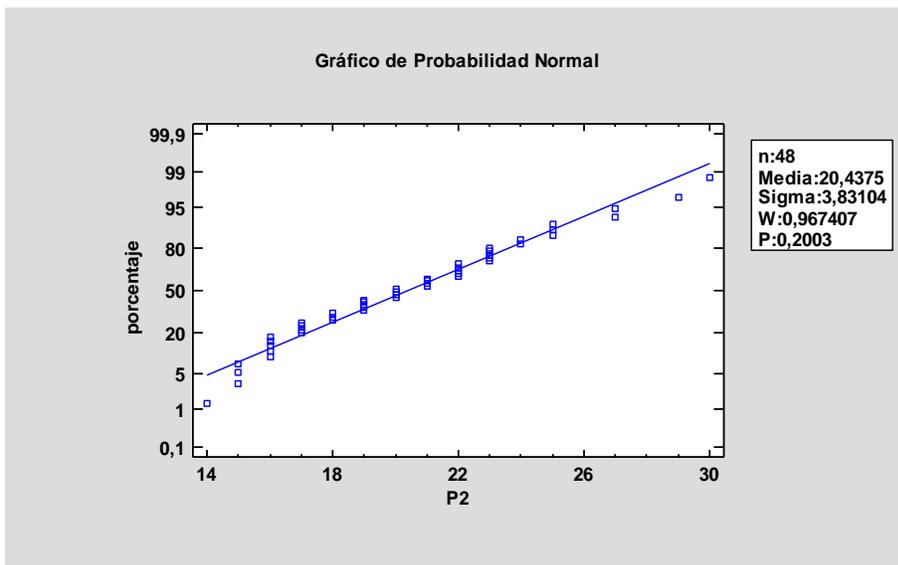
### 4. GRÁFICO DE CAJA DE BIGOTES PRODUCTO 2



### 5. HISTOGRAMA PRODUCTO 2



## 6. PRUEBA DE NORMALIDAD PRODUCTO 2

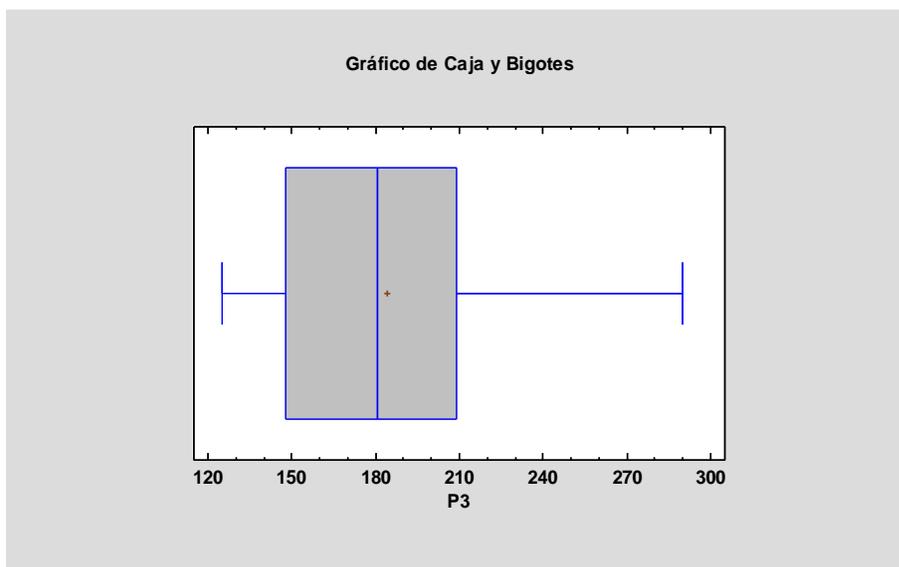


## PRODUCTO 3

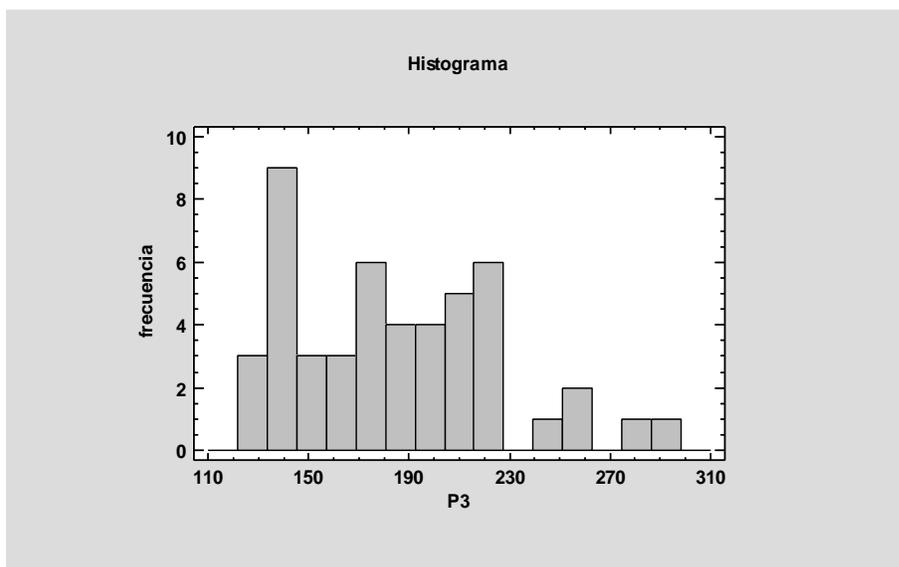
### Resumen estadístico

En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada no se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

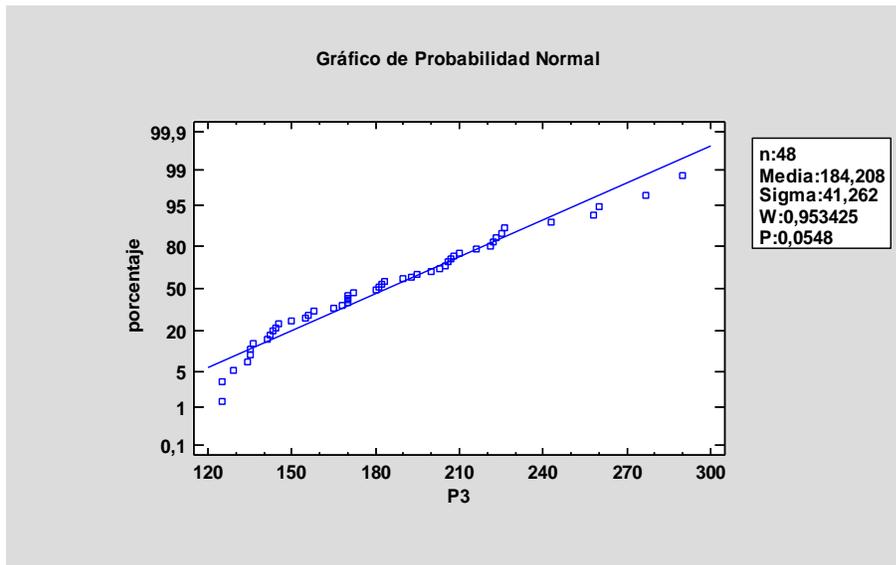
### 7. GRÁFICO DE CAJA DE BIGOTES PRODUCTO 3



### 8. HISTOGRAMA PRODUCTO 3



## 9. PRUEBA DE NORMALIDAD PRODUCTO 3



✓ Fórmula utilizada para definir Q:  $Q = \mu_L + (\sigma_L \cdot Z_\alpha)$

Partiendo de los cálculos realizados en el resumen estadístico se estiman los valores de Q analizando cuatro niveles de reposición: 50% - 80% - 90% - 95% para cada uno de los productos.

#### 10. NIVELES DE REPOSICIÓN

| <i>Ítem</i>                  | <i>Producto 1</i> |     | <i>Producto 2</i> |   | <i>Producto 3</i> |    |
|------------------------------|-------------------|-----|-------------------|---|-------------------|----|
| <b>Resumen estadístico</b>   |                   |     |                   |   |                   |    |
| Promedio semanal             | 866,3893333       |     | 5,45              |   | 49,12213333       |    |
| Desv. estándar<br>semanal    | 37,53914928       |     | 0,247292569       |   | 2,663450647       |    |
| <b>Niveles de reposición</b> |                   |     |                   |   |                   |    |
| Valor de Q para 50%          | 866,3893333       | 867 | 5,45              | 6 | 49,12213333       | 50 |
| Valor de Q para 80%          | 897,9222187       | 898 | 5,657725758       | 6 | 51,35943188       | 52 |
| Valor de Q para 90%          | 914,4394444       | 915 | 5,766534488       | 6 | 52,53135016       | 53 |
| Valor de Q para 95%          | 928,3289296       | 929 | 5,858032738       | 6 | 54,5168269        | 55 |

Una vez obtenido los valores de Q para los tres productos, se generan los cálculos simulando el comportamiento de los productos durante 52 semanas para cada uno de los niveles de reposición analizados y con una demanda aleatoria generada en 30 repeticiones para cada Q. Si bien, la simulación de inventario resulta llamativa como método para evaluar, proponer y planificar una política de inventario en función de la organización, también permite que se apliquen cambios en los parámetros del modelo y posteriormente analizar el impacto que estos generan, evidenciándolos en la utilidad neta y los niveles de servicio.

A continuación presento un ejemplo al azar para cada producto en los cuatro niveles de Q propuestos, con el fin de analizar y seleccionar el nivel de reposición más acertado que genere la utilidad neta deseada y garantice altos niveles de servicio.

## PRODUCTO 1

- Valor de Q para el 50% de reposición

| Mes | Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | incumplimneto (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|--------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|
| 1   | 867          | 846     | 846    | \$ 592.200,00       | \$ 325,92               | \$ -               | \$ 591.874,08      |
| 2   | 867          | 856     | 856    | \$ 599.200,00       | \$ 170,72               | \$ -               | \$ 599.029,28      |
| 3   | 867          | 873     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 1.260,00        | \$ 605.640,00      |
| 4   | 867          | 874     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 1.470,00        | \$ 605.430,00      |
| 5   | 867          | 816     | 816    | \$ 571.200,00       | \$ 791,52               | \$ -               | \$ 570.408,48      |
| 6   | 867          | 886     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 3.990,00        | \$ 602.910,00      |
| 7   | 867          | 897     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 6.300,00        | \$ 600.600,00      |
| 8   | 867          | 921     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 11.340,00       | \$ 595.560,00      |
| 9   | 867          | 847     | 847    | \$ 592.900,00       | \$ 310,40               | \$ -               | \$ 592.589,60      |
| 10  | 867          | 856     | 856    | \$ 599.200,00       | \$ 170,72               | \$ -               | \$ 599.029,28      |
| 11  | 867          | 920     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 11.130,00       | \$ 595.770,00      |
| 12  | 867          | 937     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 14.700,00       | \$ 592.200,00      |
| 13  | 867          | 789     | 789    | \$ 552.300,00       | \$ 1.210,56             | \$ -               | \$ 551.089,44      |
| 14  | 867          | 806     | 806    | \$ 564.200,00       | \$ 946,72               | \$ -               | \$ 563.253,28      |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                  | .                  |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                  | .                  |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                  | .                  |
| 39  | 867          | 850     | 850    | \$ 595.000,00       | \$ 263,84               | \$ -               | \$ 594.736,16      |
| 40  | 867          | 852     | 852    | \$ 596.400,00       | \$ 232,80               | \$ -               | \$ 596.167,20      |
| 41  | 867          | 925     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 12.180,00       | \$ 594.720,00      |
| 42  | 867          | 821     | 821    | \$ 574.700,00       | \$ 713,92               | \$ -               | \$ 573.986,08      |
| 43  | 867          | 865     | 865    | \$ 605.500,00       | \$ 31,04                | \$ -               | \$ 605.468,96      |
| 44  | 867          | 926     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 12.390,00       | \$ 594.510,00      |
| 45  | 867          | 834     | 834    | \$ 583.800,00       | \$ 512,16               | \$ -               | \$ 583.287,84      |
| 46  | 867          | 855     | 855    | \$ 598.500,00       | \$ 186,24               | \$ -               | \$ 598.313,76      |
| 47  | 867          | 864     | 864    | \$ 604.800,00       | \$ 46,56                | \$ -               | \$ 604.753,44      |
| 48  | 867          | 920     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 11.130,00       | \$ 595.770,00      |
| 49  | 867          | 878     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 2.310,00        | \$ 604.590,00      |
| 50  | 867          | 883     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 3.360,00        | \$ 603.540,00      |
| 51  | 867          | 877     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 2.100,00        | \$ 604.800,00      |
| 52  | 867          | 877     | 867    | \$ 606.900,00       | \$ -                    | \$ 2.100,00        | \$ 604.800,00      |

- Valor de Q para el 80% de reposición

| Mes | Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | incumplimineto (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|--------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|
| 1   | 898          | 870     | 870    | \$ 609.000,00       | \$ 434,56               | \$ -                | \$ 608.565,44      |
| 2   | 898          | 829     | 829    | \$ 580.300,00       | \$ 1.070,88             | \$ -                | \$ 579.229,12      |
| 3   | 898          | 898     | 898    | \$ 628.600,00       | \$ -                    | \$ -                | \$ 628.600,00      |
| 4   | 898          | 874     | 874    | \$ 611.800,00       | \$ 372,48               | \$ -                | \$ 611.427,52      |
| 5   | 898          | 902     | 898    | \$ 628.600,00       | \$ -                    | \$ 840,00           | \$ 627.760,00      |
| 6   | 898          | 930     | 898    | \$ 628.600,00       | \$ -                    | \$ 6.720,00         | \$ 621.880,00      |
| 7   | 898          | 843     | 843    | \$ 590.100,00       | \$ 853,60               | \$ -                | \$ 589.246,40      |
| 8   | 898          | 895     | 895    | \$ 626.500,00       | \$ 46,56                | \$ -                | \$ 626.453,44      |
| 9   | 898          | 875     | 875    | \$ 612.500,00       | \$ 356,96               | \$ -                | \$ 612.143,04      |
| 10  | 898          | 893     | 893    | \$ 625.100,00       | \$ 77,60                | \$ -                | \$ 625.022,40      |
| 11  | 898          | 842     | 842    | \$ 589.400,00       | \$ 869,12               | \$ -                | \$ 588.530,88      |
| 12  | 898          | 893     | 893    | \$ 625.100,00       | \$ 77,60                | \$ -                | \$ 625.022,40      |
| 13  | 898          | 869     | 869    | \$ 608.300,00       | \$ 450,08               | \$ -                | \$ 607.849,92      |
| 14  | 898          | 872     | 872    | \$ 610.400,00       | \$ 403,52               | \$ -                | \$ 609.996,48      |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                   | .                  |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                   | .                  |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                   | .                  |
| 39  | 898          | 893     | 893    | \$ 625.100,00       | \$ 77,60                | \$ -                | \$ 625.022,40      |
| 40  | 898          | 881     | 881    | \$ 616.700,00       | \$ 263,84               | \$ -                | \$ 616.436,16      |
| 41  | 898          | 885     | 885    | \$ 619.500,00       | \$ 201,76               | \$ -                | \$ 619.298,24      |
| 42  | 898          | 836     | 836    | \$ 585.200,00       | \$ 962,24               | \$ -                | \$ 584.237,76      |
| 43  | 898          | 836     | 836    | \$ 585.200,00       | \$ 962,24               | \$ -                | \$ 584.237,76      |
| 44  | 898          | 879     | 879    | \$ 615.300,00       | \$ 294,88               | \$ -                | \$ 615.005,12      |
| 45  | 898          | 898     | 898    | \$ 628.600,00       | \$ -                    | \$ -                | \$ 628.600,00      |
| 46  | 898          | 887     | 887    | \$ 620.900,00       | \$ 170,72               | \$ -                | \$ 620.729,28      |
| 47  | 898          | 836     | 836    | \$ 585.200,00       | \$ 962,24               | \$ -                | \$ 584.237,76      |
| 48  | 898          | 889     | 889    | \$ 622.300,00       | \$ 139,68               | \$ -                | \$ 622.160,32      |
| 49  | 898          | 872     | 872    | \$ 610.400,00       | \$ 403,52               | \$ -                | \$ 609.996,48      |
| 50  | 898          | 887     | 887    | \$ 620.900,00       | \$ 170,72               | \$ -                | \$ 620.729,28      |
| 51  | 898          | 884     | 884    | \$ 618.800,00       | \$ 217,28               | \$ -                | \$ 618.582,72      |
| 52  | 898          | 942     | 898    | \$ 628.600,00       | \$ -                    | \$ 9.240,00         | \$ 619.360,00      |

- Valor de Q para el 90% de reposición

| Mes | Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | incumplimineto (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|--------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|
| 1   | 915          | 870     | 870    | \$ 609.000,00       | \$ 698,40               | \$ -                | \$ 608.301,60      |
| 2   | 915          | 829     | 829    | \$ 580.300,00       | \$ 1.334,72             | \$ -                | \$ 578.965,28      |
| 3   | 915          | 898     | 898    | \$ 628.600,00       | \$ 263,84               | \$ -                | \$ 628.336,16      |
| 4   | 915          | 874     | 874    | \$ 611.800,00       | \$ 636,32               | \$ -                | \$ 611.163,68      |
| 5   | 915          | 902     | 902    | \$ 631.400,00       | \$ 201,76               | \$ -                | \$ 631.198,24      |
| 6   | 915          | 930     | 915    | \$ 640.500,00       | \$ -                    | \$ 3.150,00         | \$ 637.350,00      |
| 7   | 915          | 843     | 843    | \$ 590.100,00       | \$ 1.117,44             | \$ -                | \$ 588.982,56      |
| 8   | 915          | 895     | 895    | \$ 626.500,00       | \$ 310,40               | \$ -                | \$ 626.189,60      |
| 9   | 915          | 875     | 875    | \$ 612.500,00       | \$ 620,80               | \$ -                | \$ 611.879,20      |
| 10  | 915          | 893     | 893    | \$ 625.100,00       | \$ 341,44               | \$ -                | \$ 624.758,56      |
| 11  | 915          | 842     | 842    | \$ 589.400,00       | \$ 1.132,96             | \$ -                | \$ 588.267,04      |
| 12  | 915          | 893     | 893    | \$ 625.100,00       | \$ 341,44               | \$ -                | \$ 624.758,56      |
| 13  | 915          | 869     | 869    | \$ 608.300,00       | \$ 713,92               | \$ -                | \$ 607.586,08      |
| 14  | 915          | 872     | 872    | \$ 610.400,00       | \$ 667,36               | \$ -                | \$ 609.732,64      |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                   | .                  |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                   | .                  |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                   | .                  |
| 39  | 915          | 893     | 893    | \$ 625.100,00       | \$ 341,44               | \$ -                | \$ 624.758,56      |
| 40  | 915          | 881     | 881    | \$ 616.700,00       | \$ 527,68               | \$ -                | \$ 616.172,32      |
| 41  | 915          | 885     | 885    | \$ 619.500,00       | \$ 465,60               | \$ -                | \$ 619.034,40      |
| 42  | 915          | 836     | 836    | \$ 585.200,00       | \$ 1.226,08             | \$ -                | \$ 583.973,92      |
| 43  | 915          | 836     | 836    | \$ 585.200,00       | \$ 1.226,08             | \$ -                | \$ 583.973,92      |
| 44  | 915          | 879     | 879    | \$ 615.300,00       | \$ 558,72               | \$ -                | \$ 614.741,28      |
| 45  | 915          | 898     | 898    | \$ 628.600,00       | \$ 263,84               | \$ -                | \$ 628.336,16      |
| 46  | 915          | 887     | 887    | \$ 620.900,00       | \$ 434,56               | \$ -                | \$ 620.465,44      |
| 47  | 915          | 836     | 836    | \$ 585.200,00       | \$ 1.226,08             | \$ -                | \$ 583.973,92      |
| 48  | 915          | 889     | 889    | \$ 622.300,00       | \$ 403,52               | \$ -                | \$ 621.896,48      |
| 49  | 915          | 872     | 872    | \$ 610.400,00       | \$ 667,36               | \$ -                | \$ 609.732,64      |
| 50  | 915          | 887     | 887    | \$ 620.900,00       | \$ 434,56               | \$ -                | \$ 620.465,44      |
| 51  | 915          | 884     | 884    | \$ 618.800,00       | \$ 481,12               | \$ -                | \$ 618.318,88      |
| 52  | 915          | 942     | 915    | \$ 640.500,00       | \$ -                    | \$ 5.670,00         | \$ 634.830,00      |

- Valor de Q para el 95% de reposición

| Mes | Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | incumplimineto (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|--------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------------|
| 1   | 929          | 911     | 911    | \$ 637.700,00       | \$ 279,36               | \$ -                | \$ 637.420,64      |
| 2   | 929          | 870     | 870    | \$ 609.000,00       | \$ 915,68               | \$ -                | \$ 608.084,32      |
| 3   | 929          | 946     | 929    | \$ 650.300,00       | \$ -                    | \$ 3.570,00         | \$ 646.730,00      |
| 4   | 929          | 927     | 927    | \$ 648.900,00       | \$ 31,04                | \$ -                | \$ 648.868,96      |
| 5   | 929          | 905     | 905    | \$ 633.500,00       | \$ 372,48               | \$ -                | \$ 633.127,52      |
| 6   | 929          | 832     | 832    | \$ 582.400,00       | \$ 1.505,44             | \$ -                | \$ 580.894,56      |
| 7   | 929          | 840     | 840    | \$ 588.000,00       | \$ 1.381,28             | \$ -                | \$ 586.618,72      |
| 8   | 929          | 870     | 870    | \$ 609.000,00       | \$ 915,68               | \$ -                | \$ 608.084,32      |
| 9   | 929          | 840     | 840    | \$ 588.000,00       | \$ 1.381,28             | \$ -                | \$ 586.618,72      |
| 10  | 929          | 907     | 907    | \$ 634.900,00       | \$ 341,44               | \$ -                | \$ 634.558,56      |
| 11  | 929          | 893     | 893    | \$ 625.100,00       | \$ 558,72               | \$ -                | \$ 624.541,28      |
| 12  | 929          | 851     | 851    | \$ 595.700,00       | \$ 1.210,56             | \$ -                | \$ 594.489,44      |
| 13  | 929          | 831     | 831    | \$ 581.700,00       | \$ 1.520,96             | \$ -                | \$ 580.179,04      |
| 14  | 929          | 818     | 818    | \$ 572.600,00       | \$ 1.722,72             | \$ -                | \$ 570.877,28      |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                   | .                  |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                   | .                  |
| .   | .            | .       | .      | .                   | .                       | .                   | .                  |
| 39  | 929          | 910     | 910    | \$ 637.000,00       | \$ 294,88               | \$ -                | \$ 636.705,12      |
| 40  | 929          | 883     | 883    | \$ 618.100,00       | \$ 713,92               | \$ -                | \$ 617.386,08      |
| 41  | 929          | 925     | 925    | \$ 647.500,00       | \$ 62,08                | \$ -                | \$ 647.437,92      |
| 42  | 929          | 876     | 876    | \$ 613.200,00       | \$ 822,56               | \$ -                | \$ 612.377,44      |
| 43  | 929          | 806     | 806    | \$ 564.200,00       | \$ 1.908,96             | \$ -                | \$ 562.291,04      |
| 44  | 929          | 835     | 835    | \$ 584.500,00       | \$ 1.458,88             | \$ -                | \$ 583.041,12      |
| 45  | 929          | 853     | 853    | \$ 597.100,00       | \$ 1.179,52             | \$ -                | \$ 595.920,48      |
| 46  | 929          | 831     | 831    | \$ 581.700,00       | \$ 1.520,96             | \$ -                | \$ 580.179,04      |
| 47  | 929          | 817     | 817    | \$ 571.900,00       | \$ 1.738,24             | \$ -                | \$ 570.161,76      |
| 48  | 929          | 902     | 902    | \$ 631.400,00       | \$ 419,04               | \$ -                | \$ 630.980,96      |
| 49  | 929          | 879     | 879    | \$ 615.300,00       | \$ 776,00               | \$ -                | \$ 614.524,00      |
| 50  | 929          | 907     | 907    | \$ 634.900,00       | \$ 341,44               | \$ -                | \$ 634.558,56      |
| 51  | 929          | 884     | 884    | \$ 618.800,00       | \$ 698,40               | \$ -                | \$ 618.101,60      |
| 52  | 929          | 887     | 887    | \$ 620.900,00       | \$ 651,84               | \$ -                | \$ 620.248,16      |

## PRODUCTO 2

- Valor de Q para el 50% de reposición

| Mes | Valor de Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | Costo de incumplimineto (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|-----------------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 2   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 3   | 6                     | 5       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ 802,64               | \$ -                         | \$ 2.099.197,36    |
| 4   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 5   | 6                     | 5       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ 802,64               | \$ -                         | \$ 2.099.197,36    |
| 6   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 7   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 8   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 9   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 10  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 11  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 12  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 13  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 14  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| 39  | 6                     | 5       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ 802,64               | \$ -                         | \$ 2.099.197,36    |
| 40  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 41  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 42  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 43  | 6                     | 7       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ 105.000,00                | \$ 1.995.000,00    |
| 44  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 45  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 46  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 47  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 48  | 6                     | 6       | 5      | \$ 1.750.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 1.750.000,00    |
| 49  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 50  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 51  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 52  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |

- Valor de Q para el 80% de reposición

| Mes | Valor de Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | Costo de incumplimiento (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|-----------------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1   | 6                     | 7       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ 105.000,00                | \$ 1.995.000,00    |
| 2   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 3   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 4   | 6                     | 5       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ 802,64               | \$ -                         | \$ 2.099.197,36    |
| 5   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 6   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 7   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 8   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 9   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 10  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 11  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 12  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 13  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 14  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| 39  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 40  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 41  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 42  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 43  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 44  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 45  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 46  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 47  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 48  | 6                     | 6       | 5      | \$ 1.750.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 1.750.000,00    |
| 49  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 50  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 51  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 52  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |

- Valor de Q para el 90% de reposición

| Mes | Valor de Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | Costo de incumplimiento (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|-----------------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 2   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 3   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 4   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 5   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 6   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 7   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 8   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 9   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 10  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 11  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 12  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 13  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 14  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| 39  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 40  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 41  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 42  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 43  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 44  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 45  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 46  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 47  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 48  | 6                     | 6       | 5      | \$ 1.750.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 1.750.000,00    |
| 49  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 50  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 51  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 52  | 6                     | 7       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ 105.000,00                | \$ 1.995.000,00    |

- Valor de Q para el 95% de reposición

| Mes | Valor de Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | Costo de incumplimiento (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|-----------------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 2   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 3   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 4   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 5   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 6   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 7   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 8   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 9   | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 10  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 11  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 12  | 6                     | 7       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ 105.000,00                | \$ 1.995.000,00    |
| 13  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 14  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| 39  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 40  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 41  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 42  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 43  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 44  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 45  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 46  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 47  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 48  | 6                     | 6       | 5      | \$ 1.750.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 1.750.000,00    |
| 49  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 50  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |
| 51  | 6                     | 5       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ 802,64               | \$ -                         | \$ 2.099.197,36    |
| 52  | 6                     | 6       | 6      | \$ 2.100.000,00     | \$ -                    | \$ -                         | \$ 2.100.000,00    |

### PRODUCTO 3

- Valor de Q para el 50% de reposición

| Mes | Valor de Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | Costo de incumplimiento (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|-----------------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1   | 50                    | 47      | 47     | \$ 658.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 657.919,84      |
| 2   | 50                    | 44      | 44     | \$ 616.000,00       | \$ 160,32               | \$ -                         | \$ 615.839,68      |
| 3   | 50                    | 52      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 8.400,00                  | \$ 691.600,00      |
| 4   | 50                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 685.973,28      |
| 5   | 50                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 53,44                | \$ -                         | \$ 671.946,56      |
| 6   | 50                    | 52      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 8.400,00                  | \$ 691.600,00      |
| 7   | 50                    | 56      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 25.200,00                 | \$ 674.800,00      |
| 8   | 50                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 643.893,12      |
| 9   | 50                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 53,44                | \$ -                         | \$ 671.946,56      |
| 10  | 50                    | 52      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 8.400,00                  | \$ 691.600,00      |
| 11  | 50                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 133,60               | \$ -                         | \$ 629.866,40      |
| 12  | 50                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 133,60               | \$ -                         | \$ 629.866,40      |
| 13  | 50                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 133,60               | \$ -                         | \$ 629.866,40      |
| 14  | 50                    | 54      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 16.800,00                 | \$ 683.200,00      |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| 39  | 50                    | 51      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 4.200,00                  | \$ 695.800,00      |
| 40  | 50                    | 53      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 12.600,00                 | \$ 687.400,00      |
| 41  | 50                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 643.893,12      |
| 42  | 50                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 685.973,28      |
| 43  | 50                    | 55      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 21.000,00                 | \$ 679.000,00      |
| 44  | 50                    | 52      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 8.400,00                  | \$ 691.600,00      |
| 45  | 50                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 685.973,28      |
| 46  | 50                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 53,44                | \$ -                         | \$ 671.946,56      |
| 47  | 50                    | 51      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 4.200,00                  | \$ 695.800,00      |
| 48  | 50                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 643.893,12      |
| 49  | 50                    | 44      | 44     | \$ 616.000,00       | \$ 160,32               | \$ -                         | \$ 615.839,68      |
| 50  | 50                    | 50      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ -                         | \$ 700.000,00      |
| 51  | 50                    | 53      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ 12.600,00                 | \$ 687.400,00      |
| 52  | 50                    | 50      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ -                    | \$ -                         | \$ 700.000,00      |

- Valor de Q para el 80% de reposición

| Mes | Valor de Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | Costo de incumplimineto (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|-----------------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1   | 52                    | 47      | 47     | \$ 658.000,00       | \$ 133,60               | \$ -                         | \$ 657.866,40      |
| 2   | 52                    | 44      | 44     | \$ 616.000,00       | \$ 213,76               | \$ -                         | \$ 615.786,24      |
| 3   | 52                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ -                    | \$ -                         | \$ 728.000,00      |
| 4   | 52                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 685.919,84      |
| 5   | 52                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 671.893,12      |
| 6   | 52                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ -                    | \$ -                         | \$ 728.000,00      |
| 7   | 52                    | 56      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ -                    | \$ 16.800,00                 | \$ 711.200,00      |
| 8   | 52                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 160,32               | \$ -                         | \$ 643.839,68      |
| 9   | 52                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 671.893,12      |
| 10  | 52                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ -                    | \$ -                         | \$ 728.000,00      |
| 11  | 52                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 187,04               | \$ -                         | \$ 629.812,96      |
| 12  | 52                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 187,04               | \$ -                         | \$ 629.812,96      |
| 13  | 52                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 187,04               | \$ -                         | \$ 629.812,96      |
| 14  | 52                    | 54      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ -                    | \$ 8.400,00                  | \$ 719.600,00      |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| 39  | 52                    | 51      | 51     | \$ 714.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 713.973,28      |
| 40  | 52                    | 53      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ -                    | \$ 4.200,00                  | \$ 723.800,00      |
| 41  | 52                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 160,32               | \$ -                         | \$ 643.839,68      |
| 42  | 52                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 685.919,84      |
| 43  | 52                    | 55      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ -                    | \$ 12.600,00                 | \$ 715.400,00      |
| 44  | 52                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ -                    | \$ -                         | \$ 728.000,00      |
| 45  | 52                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 685.919,84      |
| 46  | 52                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 671.893,12      |
| 47  | 52                    | 51      | 51     | \$ 714.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 713.973,28      |
| 48  | 52                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 160,32               | \$ -                         | \$ 643.839,68      |
| 49  | 52                    | 44      | 44     | \$ 616.000,00       | \$ 213,76               | \$ -                         | \$ 615.786,24      |
| 50  | 52                    | 50      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ 53,44                | \$ -                         | \$ 699.946,56      |
| 51  | 52                    | 53      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ -                    | \$ 4.200,00                  | \$ 723.800,00      |
| 52  | 52                    | 50      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ 53,44                | \$ -                         | \$ 699.946,56      |

- Valor de Q para el 90% de reposición

| Mes | Valor de Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | Costo de incumplimiento (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|-----------------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1   | 53                    | 47      | 47     | \$ 658.000,00       | \$ 160,32               | \$ -                         | \$ 657.839,68      |
| 2   | 53                    | 44      | 44     | \$ 616.000,00       | \$ 240,48               | \$ -                         | \$ 615.759,52      |
| 3   | 53                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 727.973,28      |
| 4   | 53                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 685.893,12      |
| 5   | 53                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 133,60               | \$ -                         | \$ 671.866,40      |
| 6   | 53                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 727.973,28      |
| 7   | 53                    | 56      | 53     | \$ 742.000,00       | \$ -                    | \$ 12.600,00                 | \$ 729.400,00      |
| 8   | 53                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 187,04               | \$ -                         | \$ 643.812,96      |
| 9   | 53                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 133,60               | \$ -                         | \$ 671.866,40      |
| 10  | 53                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 727.973,28      |
| 11  | 53                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 213,76               | \$ -                         | \$ 629.786,24      |
| 12  | 53                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 213,76               | \$ -                         | \$ 629.786,24      |
| 13  | 53                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 213,76               | \$ -                         | \$ 629.786,24      |
| 14  | 53                    | 54      | 53     | \$ 742.000,00       | \$ -                    | \$ 4.200,00                  | \$ 737.800,00      |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| 39  | 53                    | 51      | 51     | \$ 714.000,00       | \$ 53,44                | \$ -                         | \$ 713.946,56      |
| 40  | 53                    | 53      | 53     | \$ 742.000,00       | \$ -                    | \$ -                         | \$ 742.000,00      |
| 41  | 53                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 187,04               | \$ -                         | \$ 643.812,96      |
| 42  | 53                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 685.893,12      |
| 43  | 53                    | 55      | 53     | \$ 742.000,00       | \$ -                    | \$ 8.400,00                  | \$ 733.600,00      |
| 44  | 53                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 727.973,28      |
| 45  | 53                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 685.893,12      |
| 46  | 53                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 133,60               | \$ -                         | \$ 671.866,40      |
| 47  | 53                    | 51      | 51     | \$ 714.000,00       | \$ 53,44                | \$ -                         | \$ 713.946,56      |
| 48  | 53                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 187,04               | \$ -                         | \$ 643.812,96      |
| 49  | 53                    | 44      | 44     | \$ 616.000,00       | \$ 240,48               | \$ -                         | \$ 615.759,52      |
| 50  | 53                    | 50      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 699.919,84      |
| 51  | 53                    | 53      | 53     | \$ 742.000,00       | \$ -                    | \$ -                         | \$ 742.000,00      |
| 52  | 53                    | 50      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 699.919,84      |

- Valor de Q para el 95% de reposición

| Mes | Valor de Reposición Q | Demanda | Ventas | Utilidad Bruta (\$) | Costo de retención (\$) | Costo de incumplimineto (\$) | Utilidad neta (\$) |
|-----|-----------------------|---------|--------|---------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|
| 1   | 55                    | 47      | 47     | \$ 658.000,00       | \$ 213,76               | \$ -                         | \$ 657.786,24      |
| 2   | 55                    | 44      | 44     | \$ 616.000,00       | \$ 293,92               | \$ -                         | \$ 615.706,08      |
| 3   | 55                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 727.919,84      |
| 4   | 55                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 160,32               | \$ -                         | \$ 685.839,68      |
| 5   | 55                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 187,04               | \$ -                         | \$ 671.812,96      |
| 6   | 55                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 727.919,84      |
| 7   | 55                    | 56      | 55     | \$ 770.000,00       | \$ -                    | \$ 4.200,00                  | \$ 765.800,00      |
| 8   | 55                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 240,48               | \$ -                         | \$ 643.759,52      |
| 9   | 55                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 187,04               | \$ -                         | \$ 671.812,96      |
| 10  | 55                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 727.919,84      |
| 11  | 55                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 267,20               | \$ -                         | \$ 629.732,80      |
| 12  | 55                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 267,20               | \$ -                         | \$ 629.732,80      |
| 13  | 55                    | 45      | 45     | \$ 630.000,00       | \$ 267,20               | \$ -                         | \$ 629.732,80      |
| 14  | 55                    | 54      | 54     | \$ 756.000,00       | \$ 26,72                | \$ -                         | \$ 755.973,28      |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| .   | .                     | .       | .      | .                   | .                       | .                            | .                  |
| 39  | 55                    | 51      | 51     | \$ 714.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 713.893,12      |
| 40  | 55                    | 53      | 53     | \$ 742.000,00       | \$ 53,44                | \$ -                         | \$ 741.946,56      |
| 41  | 55                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 240,48               | \$ -                         | \$ 643.759,52      |
| 42  | 55                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 160,32               | \$ -                         | \$ 685.839,68      |
| 43  | 55                    | 55      | 55     | \$ 770.000,00       | \$ -                    | \$ -                         | \$ 770.000,00      |
| 44  | 55                    | 52      | 52     | \$ 728.000,00       | \$ 80,16                | \$ -                         | \$ 727.919,84      |
| 45  | 55                    | 49      | 49     | \$ 686.000,00       | \$ 160,32               | \$ -                         | \$ 685.839,68      |
| 46  | 55                    | 48      | 48     | \$ 672.000,00       | \$ 187,04               | \$ -                         | \$ 671.812,96      |
| 47  | 55                    | 51      | 51     | \$ 714.000,00       | \$ 106,88               | \$ -                         | \$ 713.893,12      |
| 48  | 55                    | 46      | 46     | \$ 644.000,00       | \$ 240,48               | \$ -                         | \$ 643.759,52      |
| 49  | 55                    | 44      | 44     | \$ 616.000,00       | \$ 293,92               | \$ -                         | \$ 615.706,08      |
| 50  | 55                    | 50      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ 133,60               | \$ -                         | \$ 699.866,40      |
| 51  | 55                    | 53      | 53     | \$ 742.000,00       | \$ 53,44                | \$ -                         | \$ 741.946,56      |
| 52  | 55                    | 50      | 50     | \$ 700.000,00       | \$ 133,60               | \$ -                         | \$ 699.866,40      |

## 6. ANALISIS DE RESULTADOS

La administración correcta de los inventarios representa un rol primordial en las operaciones de las empresas, porque además de ser el área de apoyo y soporte en la ejecución de sus procesos de abastecimiento, también resulta fundamental en el cumplimiento óptimo de la demanda. De no realizarse adecuadamente, se incrementa el riesgo de programar abastecimientos erróneos, en los que se obtienen como resultado, faltantes o sobrantes.

Es por eso, que el inventario es el principal responsable del control de los productos en toda organización, ya que debe asegurar cantidades óptimas que satisfagan los pedidos recibidos por parte de los clientes, de no ser así, reanalizar el proceso existente e implementar las estrategias pertinentes logrando la sincronización de los niveles ideales.

La gestión de inventario es un mecanismo y herramienta útil en la toma de decisiones acertadas para el reabastecimiento y posterior distribución de productos.

La aplicación de un modelo de simulación de inventario resulta ventajoso. No es correcto decir que se aplica como método de optimización si no como una técnica de análisis cuantitativo que tiene la capacidad de generar una visión anticipada del proceso, lo que facilita la planeación estratégica de estos; al utilizar distribuciones de probabilidad que son únicas para el caso que se estudia, generar valores aleatorios basados en datos históricos de la demanda y niveles de reposición establecidos, conduce hacia un diagnóstico preliminar para pronosticar la demanda y el punto de reorden de un forma más acertada minimizando los márgenes de error en el tiempo y permitiendo a la empresa analizar los riesgos en cada situación, facilitando la toma de decisiones frente a la estimación objetiva de la posibilidad de tener una pérdida.

Finalmente, la aplicación del modelo en este proyecto direcciona a comprender que los niveles de reposición para cada producto deben realizarse de la siguiente manera:

- ✓ Producto 1: Nivel de reposición del 95%
- ✓ Producto 2: Nivel de reposición del 90%
- ✓ Producto 3: Nivel de reposición del 95%

Se concluyen necesarios estos niveles de reposición mencionados para cada producto, basados principalmente en la utilidad neta más beneficiosa para la distribuidora y el porcentaje óptimo en el nivel de servicio según los datos obtenidos de la simulación.

Se evidencia, en cada uno de los niveles de reposición sugeridos (para el producto 1 y 3 correspondientes al 95% y para el producto 2 el 90%), la baja posibilidad de presentar faltantes comparando los Q analizados (50%, 80%, 90%, 95%) y la utilidad neta que se genera, respectivamente, es superior ante los demás Q estudiados. Lo cual indica que la distribuidora podrá suplir eficientemente la demanda en el tiempo estimado, reduciendo la probabilidad de presentar desabastecimiento con altos costos por incumplimiento, aumentar las ganancias y rentabilidad de la empresa con bajos costos por retención de producto.

Esto con el fin de mantener disponibles las referencias nombradas y así satisfacer la necesidad de los clientes a cabalidad, prestándoles agilidad en el proceso de adquisición de productos, que lo fidelizan y con una utilidad dentro de los valores ideales esperados en la compañía.

Es preciso mencionar que el modelo es aplicable para todas las referencias que se deseen estudiar, según criterio de la compañía. Así mismo resaltar que a la fecha la empresa no cuenta con la información histórica exacta de los niveles de servicio exigidos por sus clientes, de ahí la importancia del estudio realizado, ya que la venta no solo se realiza al por mayor, sino también al detal o menudeo. Como recomendación se requiere de la identificación del tipo de cliente que adquiere los productos y cantidades solicitadas para segmentar de forma precisa el tipo de respuesta ante la necesidad de cada uno de ellos.

Partiendo de estos resultados y aplicándolos gradualmente la empresa podrá tener certeza en la toma de decisión de la política de inventarios más factible a su razón social y en concordancia, ajustarla según los niveles de servicio exigidos por el cliente.

## REFERENCIAS

1. Aguilar O, G. J. (2009). Gestión de inventarios como factor de competitividad, en el sector metalmeccánico de la región occidental. *Revista de ciencias sociales* .
2. Bollou, R. (2004). *Administración de la cadena de suministro*. Mexico: Pearson Educatio.
3. C, O. (2008). Modelos para el control de inventarios en las pymes . *Panorama*.
4. Cardona Tunubala j, O. C. (2018). Gestión de inventario y almacenamiento de materias primas en el sector de alimentos concentrados. *Revista EIA* .
5. Carreño Diego, A. L. (2019). Diseño de un sistema para la gestión de inventarios de las pymes en el sector alimentario. *Revista Industrial Data 22 (1): 113-132*.
6. Chacon, C. B. (2010). Modelos determinísticos de inventarios para demanda independiente . *SciELO Analytistics*.
7. Coalla, P. P. (2017). *Gestión de inventarios*. Madrid - España: Paraninfo.
8. Cruz Fernandez, A. (2017). *Gestión de inventario*. Málaga .
9. Escamilla, L. &. (2017). Diseño de un sistema de gestión de inventario de prendas terminadas en la empresa French Vanilla Lingerie. *Pontifica Universidad Javeriana Cali*.
10. He, Q. M. (2002). Optimal and near-optimal inventory control policies for a make-to-order inventory-production system. *European Journal of Operational Research*.
11. Hillier, F. S. (2015). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Mexico D. F.
12. J, Q. (2018). Las pymes en Colombia y las barreras para su desarrollo y perdurabilidad. . *(Tesis de grado) Universidad Militar Nueva Granada - Bogotá*.
13. Jimenez, C. &. (2016). Modelo de control Óptimo para el sistema de producción - inventarios. 35 - 44.

14. Khan, M. J. (2011). A review of the extensions of a modified EOQ model for imperfect quality items. *International Journal of production*.
15. Kutzner, S. C. (2013). Optimal control of an inventory-production system with state-dependent random yield.
16. Liberman, H. F. (2010). *Investigación de operaciones 9° Edición*. Mexico.
17. M, A. -V. (2017). Impacto en el inventario de seguridad por la utilización de la desviación estandar de los errores de pronostico. *Revista Tecnología en Marcha* .
18. Mukhopadhyay, A. &. (2014). Economic production Quantity (EPQ) model for three type imperfect items with rework and learning in setup.
19. Quintero, J. (2018). Las pymes en Colombia y las barreras para su desarrollo y perdurabilidad. *Universidad Militar Nueva Granada*.
20. S, N. (2007). *Analisis de la producción y las operaciones 5a. edición* . Mexico: Mc Graw Hill Interamericana.
21. Sanchez Pineda, D. .. (2018). Diseño de un modelo para la administración de inventarios en un cultivo de fresas, basado en el modelo de pedido.
22. Sanchez Pineda, D. E. (2018). Diseño de un modelo para la administración de inventarios en un cultivo de fresa basado en el modelo de pedido para un solo periodo y las metricas 6 sigma. *Ingenieria y competitividad*.
23. Sweeney, A. &. (2011). *Metodos cuantitativos para los negocios* . Mexico.
24. Zhang, W. H. (2012). Optimal inventory control with dual-sourcing heterogeneous ordering costs and order size constraints.