

# **PROGRAMACIÓN LINEAL Y PRONÓSTICOS EN UNA DISTRIBUIDORA E-COMMERCE DE SAN MIGUEL DE TUCUMÁN**

**Caso de estudio: Distrituc**

## **INTEGRANTES:**

**González, Ángel Osmar - 31.322.934**  
**Jaime, Gabriela Alejandra - 39.975.002**  
**Juárez, Federico Julián - 39.591.673**  
**Ruiz Mostacero, Juan Amaro - 36.044.760**  
**Yanicelli, Silvina María - 38.487.408**



## ÍNDICE

Resumen .....	2
Introducción .....	3
Problema de Investigación .....	5
Preguntas de Investigación .....	5
Objetivo General .....	6
Objetivos Específicos .....	6
Marco Teórico .....	6
Modelos .....	8
Programación Lineal .....	9
Programación Entera .....	10
Informe de Sensibilidad .....	11
Principio de Pareto .....	12
Aplicaciones .....	12
Definición de pronóstico .....	12
Tipos de pronósticos .....	13
Modelos de serie de tiempo .....	13
Diagramas de dispersión .....	15
Medidas de exactitud del pronóstico .....	15
Marco Metodológico .....	15
Aplicación Cuantitativa .....	16
Conclusiones y Propuestas .....	27
- Propuestas .....	27
- Conclusiones .....	28
Bibliografía .....	29



---

## **PROGRAMACIÓN LINEAL Y PRONÓSTICOS EN UNA DISTRIBUIDORA**

### **E-COMMERCE DE SAN MIGUEL DE TUCUMÁN – CASO DE ESTUDIO: “DISTRITUC”**

**Juárez, Federico Julián – Yanicelli, Silvina María – Jaime, Gabriela Alejandra – Ruiz**

**Mostacero, Juan Amaro – González, Ángel Osmar**

**Instituto de Administración – Facultad de Ciencias Económicas - UNT**

**[federicojuarez96@gmail.com](mailto:federicojuarez96@gmail.com) – [silviyanicelli@gmail.com](mailto:silviyanicelli@gmail.com) – [gabyjaime1996@gmail.com](mailto:gabyjaime1996@gmail.com) –**

**[juanamaro.rm@gmail.com](mailto:juanamaro.rm@gmail.com) – [gonzalezmartel84@gmail.com](mailto:gonzalezmartel84@gmail.com)**

#### **Resumen**

Hoy en día las organizaciones se encuentran expuestas a diversos problemas tanto de índole económica como de optimización de recursos, a partir de esto surge la necesidad de entender sobre herramientas que puedan ayudar a resolver esta problemática.

Tanto el Análisis Cuantitativo de Negocios como la Ciencia de los Datos nos brinda una amplia gama de herramientas que ayuda a las personas que se encuentran dentro de organizaciones a tomar decisiones basadas en datos numéricos, modelos matemáticos y estadísticos.

Se presenta como caso de estudio la empresa distribuidora e-commerce “DistriTuc” ubicada en San Miguel de Tucumán.

Como primer paso se ha llevado a cabo un análisis del entorno y se han recopilado datos relevantes sobre el mercado de los productos que comercializa la organización, incluyendo información sobre la demanda para poder aplicar la herramienta de programación lineal a través de pronósticos para optimizar la reducción de recursos y la planificación de la distribución de los productos que comercializa. Se formularon modelos matemáticos y estadísticos que tuvieron en cuenta los niveles de inventario. Estos modelos permitieron



encontrar la visualización óptima de productos a la venta, maximizando la contribución marginal total en gran medida.

Además, se diseñaron técnicas de pronóstico para predecir la demanda futura de los productos distribuidos por la empresa. Se recolectaron datos históricos de cantidades vendidas y se aplicaron métodos estadísticos como el promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, el modelo de suavización exponencial y regresión lineal para obtener pronósticos. Estos pronósticos fueron utilizados en el modelo de programación lineal entero para determinar los niveles óptimos de distribución y comercialización como restricciones de demanda y de política.

Los resultados obtenidos a través de la aplicación de estas herramientas fueron altamente beneficiosos para la empresa. Se logró una optimización en la reducción de recursos, lo que resultó en una reducción de costos y un aumento en la contribución marginal total. Además, el uso de técnicas de pronóstico mostró una mejor gestión de inventario y una respuesta más efectiva a las fluctuaciones de la demanda.

**Palabras Clave:** Pronósticos – Programación Lineal Entera – Mezcla Óptima – Datos

## **Introducción**

En el mundo empresarial actual, las herramientas cuantitativas desempeñan un papel fundamental para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones dentro de una organización.

Las empresas desempeñan un papel crucial en nuestra vida diaria al proporcionar bienes y servicios esenciales. El establecimiento y el éxito de nuevas empresas son factores clave para el crecimiento y desarrollo económico de un país. Esto se debe a que la creación de empleo y el aumento del ingreso total, así como la introducción de nuevos procesos y productos, son posibles a través de estas empresas.



El crecimiento acelerado del mercado ha generado un escenario altamente competitivo para los emprendimientos. A medida que los mercados se vuelven cada vez más globalizados, las empresas se enfrentan a una competencia no solo a nivel local (En la provincia de Tucumán), sino también a nivel internacional. Este panorama impulsa a los emprendimientos a buscar constantemente formas de destacarse y mantenerse relevantes en el mercado.

Para lograr esto, las empresas deben mejorar su capacidad de respuesta en términos de calidad, variedad y precio. La calidad se ha convertido en un factor crucial para satisfacer las demandas y expectativas de los clientes, ya que estos se vuelven cada vez más exigentes en cuanto a la calidad de los productos y servicios que adquieren. La variedad también juega un papel importante, ya que los consumidores buscan opciones más amplias y personalizadas que se adapten a sus necesidades y preferencias específicas.

Además, el precio se ha convertido en un factor determinante en la decisión de compra de los consumidores. En un mercado altamente competitivo, las empresas deben encontrar formas de ofrecer precios atractivos y competitivos sin comprometer la calidad y la rentabilidad. Esto implica optimizar los procesos internos, buscar eficiencias en la cadena de suministro, negociar con proveedores y estar atentos a las fluctuaciones del mercado.

En este contexto, es vital para las pequeñas y medianas empresas emergentes minimizar los costos y maximizar las ganancias para asegurar su supervivencia y crecimiento. Este estudio se centra en el análisis de minimización de costos para una empresa llamada “DistriTuc” con creciente renombre dentro del ámbito de la distribución de comestibles donde su fuerte es la comercialización mediante el “e-commerce”. El objetivo es determinar una estrategia de compras que le permita obtener mayores ganancias y establecer una posición sólida en el mercado a largo plazo.



### **Problema de Investigación**

En la actualidad, la organización se enfrenta a importantes desafíos al tomar decisiones sobre las cantidades de los subrubros de la empresa para satisfacer sus necesidades financieras. La empresa maneja casi 400 productos en total. Este proceso se ha vuelto complicado, ya que existe una tendencia a generar un exceso considerable de inventario, lo cual hace dudoso para el empresario el hecho de verificar si realmente se encuentra invirtiendo dinero en los subrubros correctos, por lo que resultaría en costos de capital que se encuentran inmovilizados. Es crucial abordar esta situación, ya que el exceso de stock no solo representa una carga financiera significativa, sino que también puede afectar negativamente la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta de la organización ante las demandas del mercado. Por lo tanto, es imprescindible implementar estrategias efectivas de gestión de inventario utilizando herramientas de Análisis Cuantitativo que permitan optimizar las decisiones de abastecimiento, minimizar el sobrestock sin dejar de lado la maximización de la Contribución Marginal de la organización.

### **Preguntas de Investigación**

A partir de lo expuesto se han propuesto las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la mezcla óptima que al aplicar la programación lineal maximiza la contribución marginal?
- ¿Cuál es la demanda estimada de cada subrubro para el siguiente periodo?
- ¿Cuáles son las restricciones actuales que limitan el sistema de distribución de la empresa y cómo se pueden superar para mejorar la gestión del inventario y la entrega de productos de manera eficiente?
- ¿Cuál es el comportamiento de los productos en los distintos períodos bajo análisis?



### **Objetivo General**

Ante la situación problemática por la que atraviesa actualmente el emprendimiento el objetivo general es proponer y diseñar un modelo de programación lineal teniendo en cuenta el uso de pronósticos para mejorar la gestión del inventario para maximizar la contribución marginal de la organización y a su vez evitando el sobre stock e inmovilización del inventario.

### **Objetivos Específicos**

- Encontrar la mezcla óptima de los subrubros que maximicen la Contribución Marginal total de la organización.
- Conocer cuáles son las restricciones que limitan a todo el sistema de distribución de la empresa.
- Identificar un modelo de pronóstico que permita estimar la cantidad de productos perteneciente a cada subrubro.

### **Marco Teórico**

#### **¿Qué es el análisis cuantitativo?**

Render, Stair, Hanna (2013), definen al análisis cuantitativo como el enfoque científico de la toma de decisiones administrativas. Este enfoque comienza con datos los cuales se manipulan o procesan para convertirlos en información para quienes toman las decisiones.

Este proceso de manipulación y procesamiento de datos para convertirlos en información significativa son la esencia del análisis cuantitativo.

#### **Enfoque del análisis cuantitativo**

El enfoque del análisis cuantitativo consiste en una serie de pasos, los cuales se nombran a continuación:

1. **Definición del problema:** Es el primer paso en el enfoque cuantitativo, se basa en desarrollar un enunciado claro y conciso acerca del problema, el cual, dará dirección y significado a los pasos siguientes.



2. **Desarrollar un modelo:** Una vez establecido el problema, el siguiente paso consiste en desarrollar un modelo. Dicho de forma sencilla, un modelo es una representación (casi siempre matemática) de una situación.

Modelo matemático: Se define al modelo matemático como un conjunto de relaciones matemáticas, el cual está compuesto por variables y parámetros. Una variable, como su nombre lo indica, es una cantidad medible que puede variar o estar sujeta a cambios, dichas variables pueden ser controlables o incontrolables. Una variable controlable también se conoce como variable de decisión, un ejemplo podría ser, cuantos artículos de inventario ordenar. En cuanto a parámetro, es una cantidad medible inherente al problema como el costo de colocar una orden. Las variables son cantidades desconocidas mientras que los parámetros si se conocen.

3. **Obtención de los datos de entrada:** Una vez desarrollado el modelo, se deben obtener los datos que se usarán en él (datos de entrada). Este paso es importante debido a que los datos inadecuados nos llevarán a resultados equivocados. Esta situación se conoce como entra basura, sale basura.
4. **Desarrollo de una solución:** El desarrollo de una solución implica la manipulación del modelo para poder llegar a la mejor solución (óptima) del problema. La precisión de una solución depende de la precisión de los datos de entrada y del modelo.
5. **Prueba de la solución:** Antes de analizar e implementar una solución, es necesario probarla cabalmente. Probar los datos de entrada y el modelo incluye determinar la exactitud y la integridad de los datos usados por el modelo. Si la exactitud es buena pero los resultados son incongruentes con el problema, tal vez el modelo no sea adecuado. El modelo se puede verificar para asegurarse de que sea lógico y represente la situación real.





6. **Análisis de resultados y análisis de sensibilidad:** El análisis de los resultados comienza con la determinación de las implicaciones de la solución. En la mayoría de los casos, una solución a un problema causará algún tipo de acción o de cambio en la forma en que opera la organización. Por otro lado, la sensibilidad de la solución a los cambios en el modelo y los datos de entrada forma una parte muy importante del análisis de los resultados. Este tipo de análisis se denomina análisis de sensibilidad o análisis post óptimo. Determina cuánto cambiará la solución si hay un cambio en el modelo o en los datos de entrada. Cuando la solución es sensible a los cambios de los datos de entrada y las especificaciones del modelo, se deberían realizar más pruebas para asegurarse que los datos y el modelo sean precisos y válidos.
7. **Implementar los resultados:** El paso final es implementar los resultados. Es el proceso de incorporar la solución lo cual es más difícil de lo que se imagina, ya que muchas veces la solución óptima no se implementa de una manera adecuada. Sin embargo, una vez implementada la solución, debería vigilarse de cerca. Con el tiempo, surgen diversos cambios que necesitan modificaciones a la solución original.

### Modelos

En el segundo paso se definieron a los modelos como representaciones (casi siempre matemáticos) de una situación. Sin embargo, existen otros tipos de modelos.

Render, Stair, Hanna (2013), clasifican a los modelos en:

- **Modelos físicos:** Son modelos tangibles de fácil comprensión, pero su modificación y manipulación es difícil y su alcance es de baja utilización. Algunos ejemplos de estos modelos son modelos de aviones, modelos de casas, modelo de una ciudad.



- **Modelos análogos:** Son modelos intangibles de compresión más difícil al igual que su modificación y manipulación. Su alcance de utilización es más amplio. Por ejemplo: mapa de carreteras, velocímetros, gráfica de rebanada de pastel.
- **Modelos simbólicos:** Los modelos simbólicos son modelos intangibles y su compresión es la más difícil, al igual que los modelos análogos, su modificación y manipulación es difícil y su alcance es el más amplio. Algunos modelos de estos tipos son: modelos de simulación, modelos algebraicos, modelo de hoja de cálculo electrónica.

#### **Modelos determinísticos y probabilísticos:**

Además, los modelos simbólicos pueden clasificarse en modelos determinísticos y probabilísticos.

Los **modelos determinísticos** son aquellos donde se supone que todos los datos pertinentes se conocen con certeza. Es decir, en ellos se supone que cuando el modelo sea analizado se tendrá disponible toda la información necesaria para tomar las decisiones correspondientes. Por otro lado, en los **modelos probabilísticos o estocásticos**, algunos elementos no se conocen con certeza, es decir, en este tipo de modelos se presupone que algunas variables importantes, llamadas variables aleatorias, no tendrán valores conocidos antes que se tomen las decisiones correspondientes, y ese desconocimiento debe ser incorporado al modelo. Los modelos probabilísticos se destacan por incorporar incertidumbre a través de probabilidades de dichas variables aleatorias.

#### **Programación Lineal**

Render, Stair, Hanna (2013) definen a la programación lineal como una técnica de modelado matemático diseñada para ayudar a los gerentes en la planeación y la toma de decisiones respecto a la asignación de recursos.



La programación lineal se enfoca en la resolución de problemas matemáticos mediante el modelado de situaciones administrativas. Es una herramienta de planificación y toma de decisiones ampliamente utilizada en la asignación de recursos. Al formular un problema de programación lineal, se desarrolla un modelo matemático que representa la situación administrativa en cuestión.

El objetivo principal de estos problemas es maximizar o minimizar una cantidad específica, como la utilidad o el costo. Esta cantidad se conoce como la función objetivo y debe ser definida de manera clara y precisa en términos matemáticos. El avance de la programación computacional ha desempeñado un papel importante en el desarrollo y aplicación de la programación lineal.

#### **Propiedades:**

- Todos los problemas buscan maximizar o minimizar alguna cantidad, por lo general la utilidad o los costos.
- Los problemas de programación lineal presentan limitaciones o restricciones, que acotan el grado en que se puede alcanzar el objetivo.
- Tienen que existir cursos de acción alternativos para elegir.
- Los objetivos y las restricciones de programación lineal se deben expresar en términos de ecuaciones o desigualdades lineales.
- Se supone que existen condiciones de certeza, es decir, se conocen con certeza el número en el objetivo y en las restricciones, y no cambia en el periodo de estudio.

#### **Programación Entera**

Un modelo de programación entera es un modelo que tiene restricciones y función objetivo idénticas a las formuladas en programación lineal. La única diferencia es que una o



más variables de decisión tienen que tomar un valor entero en la solución final. Existen tres tipos de problemas de programación entera:

1. **Programación entera pura:** Son aquellos casos en donde se requiere que todas las variables tengan valores enteros.
2. **Programación entera mixta:** Son casos en los cuales se requiere que algunas variables de decisión, aunque no todas, tengan valores enteros.
3. **Programación entera cero-uno:** Son casos especiales en donde todas las variables de decisión deben tener valores de solución enteros de 0 o 1.

### **Informe de Sensibilidad**

Una vez concluida la programación lineal continua es de utilidad el informe de sensibilidad perteneciente al análisis de Post – optimalidad el cual nos indica dos tipos de rangos: De Optimalidad (dado únicamente para las Variables de Decisión) y de Factibilidad (dado únicamente para las Restricciones de dicha Programación).

El Rango de Optimalidad es el intervalo dentro del cual puede variar el coeficiente de una de las variables de decisión dentro de la función objetivo, manteniéndose constantes los demás parámetros del problema, sin que se cambie la solución óptima. Si el coeficiente de la variable de decisión toma un valor fuera del intervalo de optimalidad no se puede afirmar nada, la solución óptima cambia, pero no se puede decir que variables se producen y cuáles no. El costo reducido se mantiene en este caso.

El costo reducido es la cantidad en la que debe cambiar el coeficiente de la variable en la función objetivo para que esa variable tenga un valor distinto de 0 en la solución óptima.

El Rango de Factibilidad determina los valores dentro de los cuales puede variar el término independiente (lado derecho) de una de las restricciones, manteniéndose constante todos los demás parámetros del problema, manteniéndose el precio sombra y sin modificar



cuantitativamente la solución óptima hallada. Si el valor que toma el lado derecho se encuentra fuera del intervalo de factibilidad no se puede afirmar nada, el precio sombra no se mantiene, el cambio en la solución óptima es cualitativa y cuantitativa.

El Precio Sombra es el cambio resultante en el valor óptimo de la función objetivo por un cambio (aumento o disminución) en el lado derecho de las restricciones de la programación lineal.

### **Principio de Pareto**

El principio lleva el nombre de Vilfredo Pareto, un economista italiano, quien en su libro "Manual de Economía Política" (1906), discute el principio y su aplicación en el análisis económico. En él hace referencia a la regla del 80/20, la cual plantea que para muchos fenómenos el 80% del resultado proviene del 20% del esfuerzo.

### **Aplicaciones**

En el contexto de las ventas, el Principio de Pareto sugiere que el 80% de tus ventas se generarán a partir del 20% de tus clientes o productos.

Por lo que implica identificar y concentrar los esfuerzos en aquellos clientes, productos o actividades que generan la mayor parte de tus ingresos o beneficios. Aquí hay algunos puntos clave para aplicar este principio:

- 1) Identifica a tus clientes más rentables
- 2) Enfócate en tus productos estrella
- 3) Optimiza tus actividades de venta
- 4) Gestiona tu tiempo de manera efectiva

### **Definición de pronóstico**

Se entiende por pronóstico el hecho de tratar de predecir el futuro basándose en criterios lógicos o científicos a partir de los datos que se disponen.



Render, Stair, Hanna (2013) Métodos cuantitativos para los negocios, establece “Los gerentes tratan siempre de reducir la incertidumbre e intentan hacer mejores estimaciones de lo que sucederá en el futuro. Lograr esto es el objetivo principal de la elaboración de los pronósticos”. Para poder realizar pronósticos existen muchos modelos cuantitativos como promedios móviles, suavizamiento exponencial, proyecciones de tendencias y análisis de regresión por mínimos cuadrados.

Los siguientes pasos ayudan en el desarrollo de un sistema de pronósticos:

- 1) Determinar el uso del pronóstico: ¿Qué meta intentamos alcanzar?
- 2) Seleccionar los artículos o cantidades que se van a pronosticar.
- 3) Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico.
- 4) Seleccionar el modelo o los modelos de pronósticos.
- 5) Reunir los datos o la información necesaria para realizar el pronóstico.
- 6) Validar el modelo del pronóstico.
- 7) Efectuar el pronóstico.
- 8) Implementar los resultados.

Estos pasos indican de una manera sistemática como iniciar, diseñar e implementar un sistema de pronósticos.

### **Tipos de pronósticos**

Render, Stair, Hanna (2013) Métodos cuantitativos para los negocios, también clasifica los diferentes modelos de pronósticos en categorías, entre las cuales podemos encontrar:

### **Modelos de serie de tiempo**

Los modelos de series de tiempo intentan predecir el futuro a través de datos históricos. Estos modelos suponen que lo que ocurra en el futuro es una función de lo que haya sucedido en el pasado. Este tipo de modelos presentan cuatro componentes:



- Tendencia (T): Es el modelo movimiento gradual hacia arriba o hacia debajo de los datos de en el tiempo.
- Estacionalidad (S): Es el patrón de la fluctuación de la demanda arriba o debajo de la recta de tendencia que se repite a intervalos regulares.
- Ciclo (C): Son patrones en los datos anuales que ocurren cada cierto número de años. Suelen estar vinculados al ciclo de negocios.
- Irregularidades (I): Son “saltos” en los datos ocasionados por el azar y por situaciones inusuales: no siguen un patrón discernible.

Entender las componentes de una serie de tiempo ayudará a seleccionar una técnica de pronósticos adecuada. Entre las cuales encuentran:

**Promedios Móviles**: Son útiles si podemos suponer que los datos se mantendrán bastantes estables a través del tiempo (estacionariedad). Esto tiende a suavizar las irregularidades de corto plazo en la serie de datos.

**Promedio móvil ponderado**: Permite asignar diferentes pesos a las observaciones previas, suele asignar mayor peso a las observaciones más recientes, este pronóstico es más sensible ante los cambios que ocurran en el patrón de datos.

**Suavizamiento exponencial**: Es un tipo de técnica de promedio móvil el cual necesita llevar un registro de datos pasados. Este método presenta una constante de suavizamiento ( $\alpha$ ) la cual se puede modificar para dar más peso a los datos más recientes con un valor alto o a los datos pasados cuando es bajo.

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 + \alpha) \hat{y}_t$$

**Selección de la constante de suavizamiento**: El valor adecuado de la constante de suavizamiento podría marcar la diferencia entre un pronóstico exacto y uno inexacto. Se



pueden tratar varios valores de la constante de suavizamiento y seleccionar aquella que dé menor DMA.

### **Diagramas de dispersión**

Los diagramas de dispersión son útiles cuando se pronostica series de tiempo. Un diagrama de dispersión para una serie de tiempo se gráfica en dos dimensiones, el tiempo en el eje horizontal y la variable que se pronóstica en el eje vertical.

### **Medidas de exactitud del pronóstico**

Además de analizar los diferentes modelos de pronóstico, Render (2013), plantea diferentes medidas de exactitud las cuales nos permiten saber que tan bien funciona un modelo o para comparar un modelo con otro. Las cuales pueden ser:

**Desviación media absoluta (DMA)**: se calcula tomando los valores absolutos de los errores de pronósticos individuales, y luego dividiendo entre el número de errores (n).

$$\text{DMA} = \frac{\sum |\text{error del pronóstico}|}{n}$$

**Error medio cuadrático (ECM)**: Es el promedio de los cuadrados del error.

$$\text{ECM} = \frac{\sum (\text{error})^2}{n}$$

### **Marco Metodológico**

El enfoque metodológico adoptado fue meramente cuantitativo, utilizando métodos estadísticos para el análisis de la información proporcionada por el propietario del negocio.

El diseño de la investigación se estableció como no experimental y de corte longitudinal, lo que implicó el seguimiento de medidas continuas o repetidas a lo largo de un período prolongado de tiempo, en este caso, un año completo (Mayo 2022 – Mayo 2023). El objetivo fue examinar y evaluar la existencia de relaciones entre las variables de interés.

La base de datos suministrada por DistriTuc fue la principal fuente de datos utilizada en la investigación. Esta base de datos incluyó información histórica de ventas, datos de





inventario y otros datos relevantes. Se recopilaron y analizaron estos datos con el propósito de obtener información y conocimientos que respaldaron la toma de decisiones en la distribuidora.

Para optimizar la asignación de recursos y reducir los costos operativos, se aplicó la programación lineal. Esta técnica matemática permitió encontrar soluciones óptimas para la distribución de recursos limitados en la empresa, considerando múltiples variables y restricciones teniendo en cuenta que la función objetivo en este caso tratará de maximizar la contribución marginal de cada uno de los subrubros de la organización para obtener la optimización.

Para la determinación de la Contribución Marginal Total se trabajó con cada uno de los subrubros que trabaja la organización ya que en total se trabaja con 371 tipos de productos por lo que para tener en cuenta cada uno de ellos se trabajó con el precio promedio ponderado de cada uno de ellos a fin de lograr una homogeneización tanto de precios como de costos. Es por ello que se realizó El Precio Promedio Ponderado de Ventas multiplicando las Ventas Totales de cada producto por el porcentaje total que representa dichas ventas en el monto total de éste, mismo procedimiento se realizó para el costo.

Además, se utilizaron técnicas de pronóstico para predecir la demanda futura y mejorar la planificación del inventario. Estas técnicas permitieron estimar la demanda de productos y anticiparse a las necesidades del mercado, evitando la escasez o el exceso de inventario.

Los instrumentos de recolección de datos fueron tanto la entrevista en profundidad con el dueño del local comercial como la observación del lugar de ventas.

### **Aplicación Cuantitativa**

El primer análisis se concentró en la utilización de la herramienta de “Pronóstico” para



luego en una segunda etapa utilizar la herramienta de “Programación Lineal Entera” pudiendo determinar de esta manera cuál será la mezcla de productos óptima para “DistriTuc”.

**Gráfico 1: Herramientas Utilizadas**



**Fuente: Elaboración Propia**

Con la base de datos suministrada por la organización se procedió en primer término a realizar un “Data Cleaning” para poder visualizar los datos con más relevancia para nuestro diagnóstico cuantitativo.

**Gráfico 2: Base de Datos de la Organización**

Código Rubro	Descripción	Unidad	Costo	Stock	Restrición	Demanda	Política	Presupuestaria
CA-000-0000001	02000001 0001	02000001 0001	02000001 0001	02000001 0001	02000001 0001	02000001 0001	02000001 0001	02000001 0001
CA-000-0000002	02000002 0002	02000002 0002	02000002 0002	02000002 0002	02000002 0002	02000002 0002	02000002 0002	02000002 0002
CA-000-0000003	02000003 0003	02000003 0003	02000003 0003	02000003 0003	02000003 0003	02000003 0003	02000003 0003	02000003 0003
CA-000-0000004	02000004 0004	02000004 0004	02000004 0004	02000004 0004	02000004 0004	02000004 0004	02000004 0004	02000004 0004
CA-000-0000005	02000005 0005	02000005 0005	02000005 0005	02000005 0005	02000005 0005	02000005 0005	02000005 0005	02000005 0005
CA-000-0000006	02000006 0006	02000006 0006	02000006 0006	02000006 0006	02000006 0006	02000006 0006	02000006 0006	02000006 0006
CA-000-0000007	02000007 0007	02000007 0007	02000007 0007	02000007 0007	02000007 0007	02000007 0007	02000007 0007	02000007 0007
CA-000-0000008	02000008 0008	02000008 0008	02000008 0008	02000008 0008	02000008 0008	02000008 0008	02000008 0008	02000008 0008
CA-000-0000009	02000009 0009	02000009 0009	02000009 0009	02000009 0009	02000009 0009	02000009 0009	02000009 0009	02000009 0009
CA-000-0000010	02000010 0010	02000010 0010	02000010 0010	02000010 0010	02000010 0010	02000010 0010	02000010 0010	02000010 0010

**Fuente: Base de Datos (Excel)**

Una vez realizada la limpieza y la obtención de los datos relevantes se procedió a la segregación de cada uno de los rubros. Se determinó que la organización trabaja con los siguientes rubros:



**Gráfico 3: Rubros de la Organización**

Rubros
Tabaquería
Perfumería e Higiene Personal
Limpieza y Repelentes
Artículos para Kioscos
Tecno - Hogar

**Fuente: Elaboración Propia**

Por decisión del dueño de la empresa el rubro de Tabaquería pasará a formar parte de una nueva unidad de negocio, por lo cual no será tenido en cuenta para el presente trabajo de investigación.

Para obtener la información de la contribución marginal total de cada uno de los productos se procedió al cálculo del precio promedio ponderado y de su respectivo costo de los subrubros de cada uno de los 4 rubros: Perfumería e Higiene Personal, Limpieza y Repelentes, Artículos para Kioscos y Tecno – Hogar.

Del análisis se realizó un gráfico de Pareto a fin de determinar que subrubros representan el 80% del inventario, el cual nos arrojó como resultado: Higiene, Perfumería, Limpieza, Insecticidas y Kiosco.

**Gráfico 4: Contribución Marginal Total de Rubros y Subrubros de la organización**

SUBRUBRO	CMG TOTAL	% CONTRIB	CMG TOTAL
KIOSCO	\$ 249.342,58	34,78%	34,78%
HIGIENE	\$ 211.985,12	29,57%	64,36%
PERFUMERIA	\$ 147.599,02	20,59%	84,95%
LIMPIEZA	\$ 49.473,30	6,90%	91,85%
INSECTICIDA	\$ 27.210,22	3,80%	95,64%
HOGAR	\$ 26.905,86	3,75%	99,40%
TECNO	\$ 4.313,22	0,60%	100,00%
	\$ 716.829,31	100,00%	

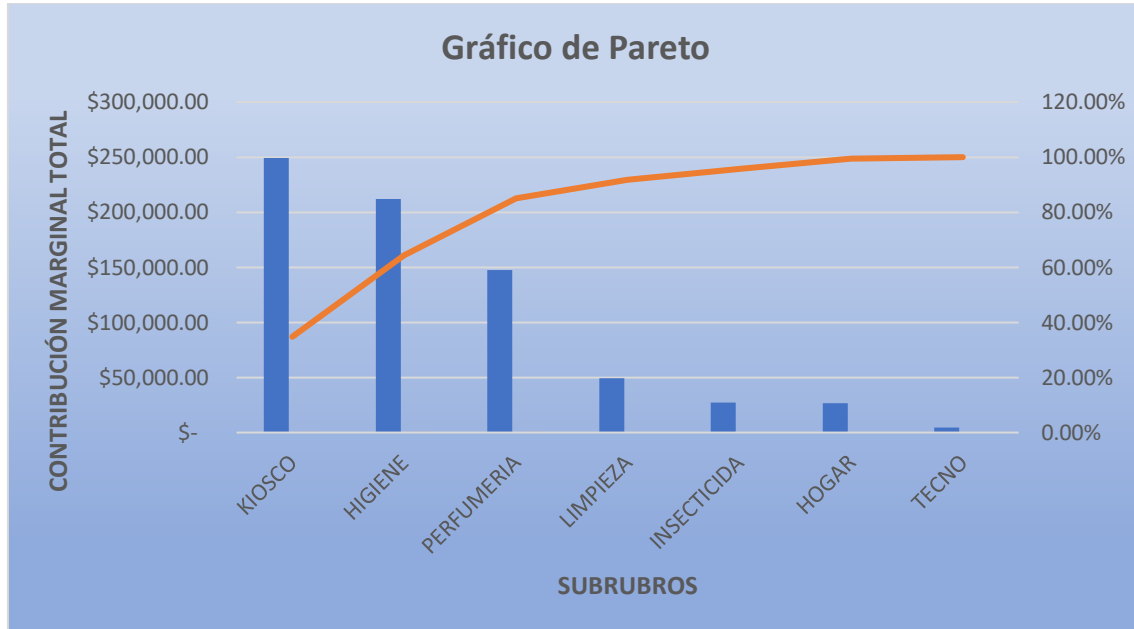
  

RUBROS	CMG TOTAL	% CONTRIB	CMG TOTAL
PERF E HIG PERS	\$ 359.584,14	50,16%	50,16%
LIMP Y REP	\$ 76.683,52	10,70%	60,86%
ART KIOSCOS	\$ 249.342,6	34,78%	95,64%
TECNO HOGAR	\$ 31.219,08	4,36%	100,00%
	\$ 716.829,31	100,00%	

**Fuente: Elaboración Propia**



**Gráfico 5: Gráfico de Pareto de los subrubros de la Organización**



**Fuente: Elaboración Propia**

Para avanzar con el uso de la herramienta de pronósticos se ha realizado el conteo mes por mes para poder analizar con detenimiento las cantidades vendidas desde Mayo 2022 hasta Mayo 2023 para que estos datos nos sean de gran utilidad al momento de pronosticar lo que sucederá en el próximo período (Junio 2023).

**Gráfico 6: Tabla dinámica de cantidades**

	KIOSCO	LIMPIEZA	HIGIENE	PERFUMERIA	INSECTICIDA
MESES	CANTIDAD				
may-22	767	697	2096	874	65
jun-22	845	655	1952	913	21
jul-22	723	564	2000	720	23
ago-22	857	524	2186	1507	69
sep-22	603	525	2542	646	47
oct-22	852	354	2040	733	426
nov-22	776	628	2071	928	597
dic-22	659	743	2744	1199	535
ene-23	724	708	2162	1186	438
feb-23	833	810	2755	1226	619
mar-23	831	837	2393	1540	3560
abr-23	2388	574	1604	959	5220
may-23	1003	702	1716	766	317
jun-23	1279	730	2143	1152	2618

**Fuente: Elaboración Propia (Excel)**



A partir de estos datos obtenidos luego de nuestro trabajo con la base de datos se procedió a verificar qué tipo de modelo de pronósticos tiene una mayor bondad de ajuste con respecto a los datos suministrados por la tabla realizada anteriormente. Se analizó con el modelo de Promedio Móvil Simple con  $n = 2$ , Promedio Móvil Ponderado con  $n = 2$  con pesos de 0,8 el más reciente y 0,2 el menos reciente, Suavizamiento Exponencial con un  $\alpha = 0,8$ , y Regresión Lineal.

**Gráfico 7: Pronósticos para Kioscos**

KIOSCO		
<b>PMS</b>		
Measure	Value	
Error Measures		
Bias (Mean Error)	88,045	
MAD (Mean Absolute Deviation)	275,591	
MSE (Mean Squared Error)	263658,8	
Standard Error (denom=n-2=9)	567,67	
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	22,27%	
Forecast		
next period	1695,5	
<b>PMP</b>		
Measure	Value	
Error Measures		
Bias (Mean Error)	43,836	
MAD (Mean Absolute Deviation)	328,491	
MSE (Mean Squared Error)	338638,8	
Standard Error (denom=n-2=9)	643,344	
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	27,90%	
Forecast		
next period	1280	
<b>SUAVIZ EXP</b>		
Measure	Value	
Error Measures		
Bias (Mean Error)	46,932	
MAD (Mean Absolute Deviation)	308,624	
MSE (Mean Squared Error)	312131,6	
Standard Error (denom=n-2=10)	612,011	
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	26,43%	
Forecast		
next period	1217,549	
<b>REGRESION LINEAL</b>		
Measure	Value	Future Peri Forecast
Error Measures		
Bias (Mean Error)	0	14 1279,308
MAD (Mean Absolute Deviation)	261,462	15 1331,725
MSE (Mean Squared Error)	152368	16 1384,143
Standard Error (denom=n-2=11)	424,348	17 1436,56
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	25,82%	18 1488,978
Regression line		19 1541,396
Demand(y) = 545,462		20 1593,813
+ 52,418 * Time(x)		21 1646,231
Statistics		22 1698,648
Correlation coefficient	0,449	23 1751,066
Coefficient of determination (r <sup>2</sup> )	0,202	24 1803,483
		25 1855,901
		26 1908,318
		27 1960,736

Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 8: Pronósticos para Limpieza**

LIMPIEZA		
<b>PMS</b>		
Measure	Value	
Error Measures		
Bias (Mean Error)	-1,318	
MAD (Mean Absolute Deviation)	115,046	
MSE (Mean Squared Error)	20392,25	
Standard Error (denom=n-2=9)	157,873	
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	19,89%	
Forecast		
next period	638	
<b>PMP</b>		
Measure	Value	
Error Measures		
Bias (Mean Error)	2,036	
MAD (Mean Absolute Deviation)	112,036	
MSE (Mean Squared Error)	19298,55	
Standard Error (denom=n-2=9)	153,581	
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	19,46%	
Forecast		
next period	676,4	
<b>SUAVIZ EXP</b>		
Measure	Value	
Error Measures		
Bias (Mean Error)	-1,089	
MAD (Mean Absolute Deviation)	105,813	
MSE (Mean Squared Error)	17664,43	
Standard Error (denom=n-2=10)	145,593	
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	18,35%	
Forecast		
next period	686,542	
<b>REGRESION LINEAL</b>		
Measure	Value	Future Peri Forecast
Error Measures		
Bias (Mean Error)	0	14 729,692
MAD (Mean Absolute Deviation)	95,745	15 742,495
MSE (Mean Squared Error)	13783,37	16 755,297
Standard Error (denom=n-2=11)	127,63	17 768,099
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	17,17%	18 780,901
Regression line		19 793,703
Demand(y) = 550,461		20 806,506
+ 12,802 * Time(x)		21 819,308
Statistics		22 832,11
Correlation coefficient	0,378	23 844,912
Coefficient of determination (r <sup>2</sup> )	0,143	24 857,714
		25 870,517
		26 883,319
		27 896,121

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 9: Pronósticos para Perfumería**

PERFUMERIA	
<b>PMS</b>	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	-9,5
MAD (Mean Absolute Deviation)	334,5
MSE (Mean Squared Error)	143395,3
Standard Error (denom=n-2=9)	418,642
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	35,24%
Forecast	
next period	862,5
<b>PMP</b>	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	-11,818
MAD (Mean Absolute Deviation)	315,709
MSE (Mean Squared Error)	155349,4
Standard Error (denom=n-2=9)	435,743
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	33,32%
Forecast	
next period	804,6

**Gráfico 10: Pronósticos para Insecticidas**

INSECTICIDA	
<b>PMS</b>	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	261,227
MAD (Mean Absolute Deviation)	1028,682
MSE (Mean Squared Error)	3261985
Standard Error (denom=n-2=9)	1996,715
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	162,63%
Forecast	
next period	2768,5
<b>PMP</b>	
Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	120,636
MAD (Mean Absolute Deviation)	980,236
MSE (Mean Squared Error)	3186783
Standard Error (denom=n-2=9)	1973,565
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	170,75%
Forecast	
next period	1297,6

SUAVIZ EXP			
Measure	Value		
Error Measures			
Bias (Mean Error)	-5,078		
MAD (Mean Absolute Deviation)	288,899		
MSE (Mean Squared Error)	141618,2		
Standard Error (denom=n-2=10)	412,24		
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	30,38%		
Forecast			
next period	825,249		
<b>REGRESION LINEAL</b>			
Measure	Value	Future Peri	Forecast
Error Measures			
Bias (Mean Error)	0	14	1152,269
MAD (Mean Absolute Deviation)	222,325	15	1171,857
MSE (Mean Squared Error)	73936,66	16	1191,445
Standard Error (denom=n-2=11)	295,601	17	1211,033
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	22,79%	18	1230,621
Regression line		19	1250,209
Demand(y) = 878,039		20	1269,797
+ 19,588 * Time(x)		21	1289,385
Statistics		22	1308,972
Correlation coefficient	0,26	23	1328,56
Coefficient of determination (r^2)	0,068	24	1348,148
		25	1367,736
		26	1387,324
		27	1406,912

SUAVIZ EXP			
Measure	Value		
Error Measures			
Bias (Mean Error)	119,002		
MAD (Mean Absolute Deviation)	890,374		
MSE (Mean Squared Error)	2832239		
Standard Error (denom=n-2=10)	1843,553		
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	170,29%		
Forecast			
next period	1207,414		
<b>REGRESION LINEAL</b>			
Measure	Value	Future Peri	Forecast
Error Measures			
Bias (Mean Error)	0	14	2618,077
MAD (Mean Absolute Deviation)	885,363	15	2860,912
MSE (Mean Squared Error)	1518500	16	3103,747
Standard Error (denom=n-2=11)	1339,624	17	3346,583
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	395,05%	18	3589,417
Regression line		19	3832,253
Demand(y) = -781,615		20	4075,088
+ 242,835 * Time(x)		21	4317,923
Statistics		22	4560,758
Correlation coefficient	0,593	23	4803,593
Coefficient of determination (r^2)	0,352	24	5046,429
		25	5289,264
		26	5532,099
		27	5774,934

Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Elaboración Propia



**Gráfico 11: Pronósticos para Higiene**

HIGIENE			
<b>PMS</b>			
Measure	Value		
Error Measures			
Bias (Mean Error)	-43,818		
MAD (Mean Absolute Deviation)	343,727		
MSE (Mean Squared Error)	186377,8		
Standard Error (denom=n-2=9)	477,279		
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	16,55%		
Forecast			
next period	1660		
<b>PMP</b>			
Measure	Value		
Error Measures			
Bias (Mean Error)	-30,4		
MAD (Mean Absolute Deviation)	351,091		
MSE (Mean Squared Error)	188692,5		
Standard Error (denom=n-2=9)	480,233		
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	16,29%		
Forecast			
next period	1693,6		
<b>SUAVIZ EXP</b>			
Measure	Value		
Error Measures			
Bias (Mean Error)	-38,411		
MAD (Mean Absolute Deviation)	333,14		
MSE (Mean Squared Error)	172280,2		
Standard Error (denom=n-2=10)	454,683		
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	15,48%		
Forecast			
next period	1727,251		
<b>REGRESION LINEAL</b>			
Measure	Value	Future Peri	Forecast
Error Measures			
Bias (Mean Error)	0	14	2143,269
MAD (Mean Absolute Deviation)	271,474	15	2138,89
MSE (Mean Squared Error)	114732	16	2134,511
Standard Error (denom=n-2=11)	368,229	17	2130,132
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	12,68%	18	2125,752
Regression line		19	2121,374
Demand(y) = 2204,577		20	2116,994
#¿ NOMBRE?		21	2112,615
Statistics		22	2108,236
Correlation coefficient	-0,048	23	2103,857
Coefficient of determination (r^2)	0,002	24	2099,478
		25	2095,099
		26	2090,719
		27	2086,34

**Fuente: Elaboración Propia**

Luego de visualizados los datos arrojados por el software QM se pudo comprobar que el método de pronósticos que menor DMA obtiene, es decir, mayor bondad de ajuste presenta es el modelo de Regresión lineal. Por lo tanto, se ha considerado seguir con dicho método de pronóstico considerado “De largo plazo”.

**Gráfico 12: Método Utilizado para pronósticos con Cantidades Pronosticadas**

RUBRO	SUBRUBRO	METODO	CANT PRONOSTICADA
PERFUMERIA E HIG PERSONAL	PERFUMERIA	REGRESION LINEAL	1152
	HIGIENE		2143
LIMPIEZA Y REPELENTES	LIMPIEZA		730
	INSECTICIDAS		2618
ARTICULOS PARA KIOSCOS	KIOSCO		1279

**Fuente: Elaboración Propia**





Una vez obtenido los resultados pronosticados para el período siguiente han sido utilizado como restricciones de demanda para el uso de la segunda herramienta cuantitativa que se trata de ni más ni menos que la programación lineal.

Es por ello que el planteamiento de la programación lineal será la siguiente:

**Variables de Decisión:** 5 en Total, ya que representan el 95,64% del total de los rubros del negocio ya que son los que mayor incidencia económica poseen.

X1 = Cantidad de artículos del Subrubro “Perfumería” a comprar

X2 = Cantidad de artículos del Subrubro “Higiene” a comprar

X3 = Cantidad de artículos del Subrubro “Limpieza” a comprar

X4 = Cantidad de artículos del Subrubro “Insecticidas” a comprar

X5 = Cantidad de artículos del Subrubro “Kiosco” a comprar

**Función Objetivo:** Maximizar la Contribución Marginal:  $970,75 \cdot X1 + 854,59 \cdot X2 + 2.776,82 \cdot X3 + 989 \cdot X4 + 1830,54 \cdot X5$

**Observación:** Para la determinación del coeficiente objetivo se ha tenido en cuenta el efecto inflacionario utilizado por el dueño de la organización el cual consta del aumento del **8%** para el siguiente periodo (Junio 2023, mes pronosticado).

**Gráfico 13: Contribución Marginal Unitaria de cada subrubro en Programación Lineal Continua**

	PRONOSTICADO	
	may-23	jun-23
PERFUMERIA	\$ 898,84	\$ 970,75
HIGIENE	\$ 791,29	\$ 854,59
LIMPIEZA	\$ 2.571,13	\$ 2.776,82
INSECTICIDAS	\$ 915,74	\$ 989,00
KIOSCO	\$ 1.694,94	\$ 1.830,54
	10.442.076,11	11.277.442,20
	8%	

Fuente: Elaboración Propia





**Gráfico 14: Contribución Marginal Unitaria de cada subrubro en Programación Lineal Entera**

	PRONOSTICADO	
	may-23	jun-23
PERFUMERIA	\$ 898,84	\$ 970,75
HIGIENE	\$ 791,29	\$ 854,59
LIMPIEZA	\$ 2.571,13	\$ 2.776,82
INSECTICIDAS	\$ 915,74	\$ 989,00
KIOSCO	\$ 1.694,94	\$ 1.830,54
	10.431.240,78	11.265.740,04
	8%	

**Fuente: Elaboración Propia**

También posee como política la compra total de 15.000 unidades de manera mensual entre todos los subrubros distribuidos de la siguiente manera:

**Gráfico 15: Unidades a Comprar por Política Empresarial**

Subrubro	Total de Uds.
Perfumería	1500
Higiene	3000
Limpieza	1000
Insecticidas	3500
Kiosco	2000
Tecno	2000
Hogar	2000

**Fuente: Gerencia "DistriTuc"**

Además, la gerencia nos brindó la información que cuenta con un presupuesto mensual para la compra de todos los subrubros de \$22.000.000.-

**Restricciones:**

"DistriTuc" al poseer una política de tener un determinado stock máximo a disposición ya que si se encuentra por encima se corre el riesgo de sobrestock en la organización por lo que se debe tratar de no superar las cantidades indicadas por la gerencia. Las cantidades son las siguientes:



**Gráfico 16: Programación Lineal Continua**

	PERFUMERIA	HIGIENE	LIMPIEZA	INSECTICIDAS	KIOSCO				
	X1	X2	X3	X4	X5				
VD	1500	2472,9972	1000	2618,077	1279,308				
CO	970,7472	854,5932	2776,8204	988,9992	1830,5352	\$ 11.277.442,20			
R1	1					1500 >=	1152	DEMANDA	
R2		1				2472,997225 >=	2143	DEMANDA	
R3			1			1000 >=	730	DEMANDA	
R4				1		2618,077 >=	2618	DEMANDA	
R5					1	1279,308 >=	1279	DEMANDA	
R6	1					1500 <=	1500	POLITICA	
R7		1				2472,997225 <=	3000	POLITICA	
R8			1			1000 <=	1000	POLITICA	
R9				1		2618,077 <=	3500	POLITICA	
R10					1	1279,308 <=	2000	POLITICA	
R11	\$ 1.896,98	\$ 1.713,21	\$ 1.395,47	\$ 2.909,30	\$ 4.616,19	22000000 <=	22000000	PRESUPUESTARIA	
R12	NO NEGATIVIDAD								

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

**Gráfico 17: Programación Lineal Entera**

	PERFUMERIA	HIGIENE	LIMPIEZA	INSECTICIDAS	KIOSCO				
	X1	X2	X3	X4	X5				
VD	1500	2473	995	2619	1280				
CO	070,7472	854,5932	2776,8204	988,9992	1830,5352	\$ 11.265.740,04			
R1	1					1500 >=	1152	DEMANDA	
R2		1				2473 >=	2143	DEMANDA	
R3			1			995 >=	730	DEMANDA	
R4				1		2619 >=	2618	DEMANDA	
R5					1	1280 >=	1279	DEMANDA	
R6	1					1500 <=	1500	POLITICA	
R7		1				2473 <=	3000	POLITICA	
R8			1			995 <=	1000	POLITICA	
R9				1		2619 <=	3500	POLITICA	
R10					1	1280 <=	2000	POLITICA	
R11	\$ 1.896,98	\$ 1.713,21	\$ 1.395,47	\$ 2.909,30	\$ 4.616,19	21998907,06 <=	22000000	PRESUPUESTARIA	
R12	NO NEGATIVIDAD								

Fuente: Elaboración Propia (Excel)

A partir de los resultados obtenidos mediante la herramienta de programación lineal visualizamos que la mezcla óptima de pedidos para cada uno de los subrubros es de:

- 1500 unidades del subrubro de Perfumería
- 2473 unidades del subrubro de Higiene
- 995 unidades del subrubro de Limpieza
- 2619 unidades del subrubro de Insecticidas
- 1280 unidades del subrubro de Kiosco



Con este conjunto solución se logra maximizar la Contribución Marginal Total a un importe de: \$11.265.740,04.- para el mes pronosticado de Junio 2023.

Concluida la programación lineal se obtiene el informe de sensibilidad, la cual podemos observar lo siguiente:

**Gráfico 18: Análisis de Sensibilidad de Programación Lineal**

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir	RANGO DE OPTIMALIDAD		
							Límite Inferior	Límite Superior	
\$B\$3	VD X1	1500	0	970,7472	1E+30	24,4845927	946,2626073	1E+30	
\$C\$3	VD X2	2472,99723	0	854,5932	22,1126421	175,225443	679,3677567	876,7058421	
\$D\$3	VD X3	1000	0	2776,8204	1E+30	2080,72183	696,0985699	1E+30	
\$E\$3	VD X4	2618,077	0	988,9992	462,231729	1E+30	-1E+30	1451,230929	
\$F\$3	VD X5	1279,308	0	1830,5352	472,139484	1E+30	-1E+30	2302,674684	

Restricciones										
Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir	RANGO DE FACTIBILIDAD			Holgura
							Límite Inferior	Límite Superior		
\$G\$10	R6	1500	24,4845927	1500	297,785728	347,731	1152,269	1797,785728		0
\$G\$11	R7	2472,99723	0	3000	1E+30	527,002775	2472,997225	1E+30		-527,0028
\$G\$12	R8	1000	2080,72183	1000	404,804019	270,308	729,692	1404,804019		0
\$G\$13	R9	2618,077	0	3500	1E+30	881,923	2618,077	1E+30		-881,923
\$G\$14	R10	1279,308	0	2000	1E+30	720,692	1279,308	1E+30		-720,692
\$G\$15	R11	22000000	0,49882562	22000000	902866,6	564893,802	21435106,2	22902866,6		0
\$G\$5	R1	1500	0	1152,269	347,731	1E+30	-1E+30	1500		347,731
\$G\$6	R2	2472,99723	0	2143,269	329,728225	1E+30	-1E+30	2472,997225		329,72823
\$G\$7	R3	1000	0	729,692	270,308	1E+30	-1E+30	1000		270,308
\$G\$8	R4	2618,077	-462,231729	2618,077	194,168615	310,338609	2307,738391	2812,245615		0
\$G\$9	R5	1279,308	-472,139484	1279,308	122,372257	195,586893	1083,721107	1401,680257		0

Fuente: Solver – Microsoft Excel

Podemos observar que con respecto a las variables de decisión no tenemos costo reducido de ninguna de ellas, ya que la solución óptima nos indica que es conveniente la comercialización de los productos de cada uno de los subrubros.

Se puede ver también que los rangos de optimalidad son el incremento y decremento permisible de los coeficientes de la función objetivo. Estos indican los cambios que está permitido hacer en sus coeficientes, sin que se modifique la solución óptima. Con respecto al precio sombra podemos decir que en las restricciones 4, 5, 6, 8 y 11 existe holgura igual a 0 lo cual representa un cuello de botella siendo variables vinculantes, se puede afirmar que si:



- 1) Se aumenta 1 unidad más del lado derecho de la programación lineal en artículos de Insecticidas, calculado a través de la demanda pronosticada para el mes de Junio 2023, disminuirá la Contribución Marginal Total en \$462,23.-
- 2) Se aumenta 1 unidad más del lado derecho de la programación lineal en artículos de Kiosco, calculado a través de la demanda pronosticada para el mes de Junio 2023, disminuirá la Contribución Marginal Total en \$472,14.-
- 3) Se aumenta 1 unidad más del lado derecho de la programación lineal en artículos de Perfumería, teniendo en cuenta la política empresarial, aumentará la Contribución Marginal Total en \$24,48.-
- 4) Se aumenta 1 unidad más del lado derecho de la programación lineal en artículos de Limpieza, teniendo en cuenta la política empresarial, aumentará la Contribución Marginal Total en \$2080,72.-
- 5) Se aumenta 1 peso mas del lado derecho de la programación lineal en la restricción presupuestaria aumentará la Contribución Marginal Total en \$0,498.-

### **Conclusiones y Propuestas**

#### **- Propuestas**

De esta forma se aconseja o propone lo siguiente:

- 1) Fundamentalmente contar con una base de datos exhaustivamente organizada y ordenada por rubro y subrubro a fin de prepararla de manera óptima para su posterior análisis cuantitativo.
- 2) Mayor flexibilidad en cuanto a las políticas de compras mensuales de los subrubros de Limpieza y Perfumería ya que hacen un cuello de botella en cuanto a la maximización de la contribución marginal total de la empresa.
- 3) En la medida de lo posible aumentar la inversión en la empresa de



manera mensual para aumentar el presupuesto ya que de esta manera se podría incrementar la Contribución Marginal Total de esta.

- **Conclusiones**

Se puede concluir que mediante la aplicación de técnicas de investigación operativa, se logró obtener un conocimiento detallado y valioso para mejorar la gestión de ventas en la plataforma de comercio electrónico de la empresa. Esto se logró al determinar los productos más populares y encontrar la combinación óptima que maximiza la contribución marginal. Estos hallazgos se presentan en un informe exhaustivo que permite realizar un análisis más profundo sobre las restricciones y la gestión de dichos productos, teniendo en cuenta que los recursos son limitados y es necesario planificar su uso adecuado.

En consecuencia, se han alcanzado los objetivos establecidos al inicio de esta investigación, es decir, optimizar la gestión de inventario para los subgrupos de productos más relevantes en términos de unidades vendidas en la plataforma de comercio electrónico utilizada, y recomendar herramientas de análisis cuantitativo que mejoren la toma de decisiones.

En última instancia, es importante destacar que no solo el analista, sino también la alta dirección de la empresa y los demás departamentos deben involucrarse en el caso estudiado, tanto durante como después del análisis. Todos ellos deben proporcionar la información necesaria para enriquecer la investigación.

Internamente se concluye, además, que la empresa posee cuellos de botellas por las decisiones políticas existentes dentro de la organización, es por ello que se recomienda aumentar las unidades establecidas en dichas políticas para maximizar la contribución marginal total (Función Objetivo) en este caso puntualmente en los subrubros de Limpieza y Perfumería.



---

### **Bibliografía**

- Eppen, G. D., Gould, F. J., Schmidt, C. P., Moore, J. H., & Weatherford, L. R. (2016). Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa. Pearson.
- Lind, D. A., Marchal, W. G., & Wathen, S. A. (2012). Estadística aplicada a los negocios y la economía. McGraw-Hill.
- Render, B., Stair, R. M. Jr., Hanna, J. E., & Hale, T. S. (2016). Métodos Cuantitativos para los Negocios. Pearson.
- Sampieri, R. H. (2014). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill.