

2024

“Gestión de Inventario: Caso de aplicación de Pronósticos y Programación lineal en una droguería de Tucumán”

Optimización de inventarios

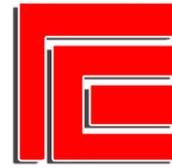
Catania Luciano
Costilla Melani
Gareca Noelia Belén
Pacheco Jose Ignacio
Urquiza Maria Sol





Índice

1. Resumen.....	2
2. Introducción	3
3. Situación Problemática	3
3.1. Preguntas de Investigación	3
4. Objetivo General	4
4.1. Objetivos Específicos.....	4
5. Marco Metodológico.....	4
6. Marco Teórico	5
6.1. Análisis ABC:.....	5
6.2. Gráfico de Pareto:	5
6.3. Pronósticos.....	5
6.3.1. Pasos para elaborar pronósticos.....	6
6.4. Promedios móviles	6
6.5. Suavizamiento exponencial.....	6
6.6. Método de regresión de mínimos cuadrados	7
6.7. Series de Tiempo:.....	7
6.7.1. Componentes de una serie de tiempo.....	7
6.8. Programación lineal	7
6.9. Programación entera.....	8
7. Aplicación	8
7.1. Recolección de datos y desarrollo.....	8
8. Recomendaciones	20
9. Conclusiones.....	20
10. Bibliografía	21
11. Referencias.....	21



**“Gestión de Inventario: Caso de aplicación de Pronósticos y Programación lineal en una
droguería de Tucumán”**

Optimización de inventarios

Catania Luciano - Costilla Melani - Gareca Noelia Belén - Pacheco Jose Ignacio - Urquiza

Maria Sol

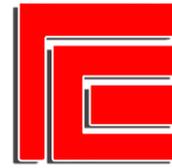
Luecat16@gmail.com - melanirebeca@gmail.com - Garecanoelia20@gmail.com -

nachopacheco10@gmail.com - Sol.medina389@gmail.com

1. Resumen

La empresa bajo análisis “DroTuc” se dedica al comercio de drogas genéricas para medicamentos y artículos de cuidado personal, los cuales se clasifican en tres categorías principales: Higiene personal, higiene íntima e higiene sanitaria. La organización enfrenta desafíos en la gestión de su stock lo que generó pérdidas en ventas debido al desabastecimiento de los productos más demandados y pérdidas monetarias a causa del inventario obsoleto.

El objetivo de este trabajo es optimizar la gestión del inventario, maximizar contribución marginal, además de prevenir sobrestock e inmovilización innecesaria de inventario. En el trabajo de campo el método de recolección de datos se realizó mediante obtención de base de datos y entrevista con el dueño. La investigación seguirá un enfoque metodológico de tipo cuantitativo con alcance correlacional explicativo y diseño no experimental transaccional y longitudinal. Para modelar la situación problemática se hizo uso de herramientas como análisis ABC, pronóstico con QM y Programación Lineal con Solver.



Palabras Clave: pronóstico - droguería - gestión de inventario - artículos - ABC - programación lineal

2. Introducción

“Drotuc”, la empresa bajo estudio inició sus operaciones a mediados de 2021 a partir de una fusión de dos grandes droguerías ya existentes. Actualmente tiene su base de operaciones en San Miguel de Tucumán y su actividad principal es el comercio de drogas genéricas para medicamentos y artículos de higiene, los cuales se clasifican en 3 categorías principales: Higiene personal, higiene íntima e higiene sanitaria.

3. Situación Problemática

La organización bajo estudio enfrenta un desafío en la gestión de su stock, específicamente en las 3 categorías de productos clasificados como higiene: Personal, Íntima y Sanitaria. Tanto la falta de procesamiento de los datos históricos que brindan información valiosa, como la carencia de una política correcta de inventarios, generaron pérdidas en ventas debido al desabastecimiento de los productos más demandados y a su vez pérdidas monetarias a causa del inventario obsoleto. Esta situación, además de las consecuencias financieras también genera implicancias negativas en la operatividad y la imagen de marca, resultando en pérdidas de clientes y relaciones tensas con los proveedores.

3.1. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es la demanda futura de cada categoría de productos?
- ¿De qué manera se puede gestionar el inventario para encontrar la cantidad idónea de cada categoría estudiada?
- ¿Cuál es la mezcla óptima de inventario que maximice la contribución marginal?



4. Objetivo General

Dado el contexto desafiante que enfrenta actualmente la organización, el objetivo principal es desarrollar un modelo de programación lineal que integre pronósticos precisos. De esta manera, proponer una estrategia adecuada para la gestión del inventario buscando maximizar la contribución marginal de la organización y, simultáneamente, prevenir situaciones de sobrestock y la inmovilización innecesaria de mercancía.

4.1. Objetivos Específicos

- Desarrollar modelos de pronósticos precisos utilizando técnicas estadísticas adecuadas para prever la demanda futura de cada categoría de productos.
- Implementar el modelo de programación lineal para una mejor gestión de inventarios de las categorías que se presentan.
- Encontrar la mezcla óptima de subcategorías que maximice la contribución marginal.

5. Marco Metodológico

Como menciona Hernandez Sampieri(2014) se aborda en este trabajo, bajo el tipo de investigación cuantitativa, de alcance correlacional explicativo teniendo como propósito conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, variables, categorías o fenómenos en un contexto en particular.

La misma también se hará bajo un diseño no experimental transaccional y longitudinal teniendo en cuenta que las variables bajo estudio no sufrieron ningún tipo de manipulación ya que, el fenómeno ya ha ocurrido.

La recolección de datos se realizó en dos etapas, primero a través de una entrevista en profundidad con el dueño y el segundo a través del análisis de la base de datos aportada por “Drotuc”.



6. Marco Teórico

6.1. Análisis ABC:

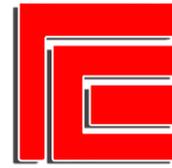
El análisis ABC es una técnica de categorización muy utilizada en la optimización de inventarios. Consiste en clasificar las unidades de mantenimiento de stock según un criterio determinado, la mayoría de las veces por su importancia o valor de consumo, y a veces también por su frecuencia de utilización. La técnica se basa en el principio de Pareto (o regla 80/20), que establece que aproximadamente el 80% de los efectos de cualquier sistema se originan en el 20% de las causas, aplicando este principio al inventario, comprobamos que una pequeña variedad de artículos del inventario (20%) constituyen la mayor parte del valor total del inventario (80%), tanto si se trata del valor de consumo, del volumen de ventas, de la frecuencia de consumo o de cualquier otro criterio.

6.2. Gráfico de Pareto:

El diagrama de Pareto es un gráfico de barras complejo que contiene un gráfico de líneas. Representa valores individuales en orden descendente mediante barras. Al mismo tiempo, una línea representa el total acumulado de los valores individuales en forma de porcentaje. El gráfico se inspiró en el economista italiano Vilfredo Pareto y su principio 80/20, que establece que el 80% de los efectos surgen del 20% de las causas.

6.3. Pronósticos

Pronosticar es la predicción de la evolución de un proceso o de un hecho futuro a partir de criterios lógicos y científicos. Render, B. (2013) expresa acerca de los Pronósticos que: “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. Existen muchas formas de pronosticar el futuro. En muchas empresas (sobre todo las pequeñas), el proceso completo es subjetivo e incluye los métodos



improvisados, la intuición y los años de experiencia. También existen muchos modelos de pronósticos cuantitativos, como promedios móviles, suavizamiento exponencial, proyecciones de tendencias y análisis de regresión por mínimos cuadrados”.

6.3.1. Pasos para elaborar pronósticos

1. Determinar el uso de pronósticos: ¿qué meta tratamos de alcanzar?
2. Seleccionar los artículos o las 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 el resultado.

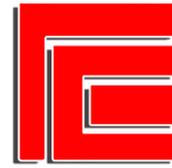
6.4. Promedios móviles

Los promedios móviles son útiles si podemos suponer que las demandas del mercado permanecen bastante estables en el tiempo.

6.5. Suavizamiento exponencial

Es un método de pronósticos de uso sencillo, necesita llevar un registro de los datos pasados. La fórmula básica para el suavizamiento exponencial es: Nuevo pronóstico del último periodo (demanda real del último periodo – pronóstico del último periodo) donde α es un peso (o constante de suavizamiento) que tiene un valor entre 0 y 1, inclusive.

La constante de suavizamiento α , permite a los gerentes asignar un peso a los datos recientes.



6.6. Método de regresión de mínimos cuadrados

Se aplica para encontrar los coeficientes que minimizan la suma de los cuadrados de los errores, y de esta forma, minimizar el error cuadrático medio (ECM).

6.7. Series de Tiempo:

Render, B. (2013) “Los modelos de series de tiempo intentan predecir el futuro usando datos históricos. Estos modelos suponen que lo que ocurra en el futuro es una función de lo que haya sucedido en el pasado.” Los modelos de serie de tiempo ven que ha pasado durante un periodo y usan una serie de datos históricos para realizar un pronóstico.

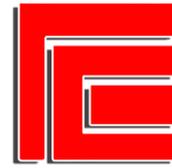
6.7.1. Componentes de una serie de tiempo

1. Tendencia (T): es el movimiento gradual hacia arriba o hacia abajo de los datos en el tiempo.
2. Estacionalidad (S): es el patrón de la fluctuación de la demanda arriba o abajo de la recta de tendencia que se repite a intervalos regulares.
3. Ciclos (C): son patrones en los datos anuales que ocurren cada cierto número de años. Suelen estar vinculados al ciclo de negocios.
4. Variaciones aleatorias (R): son “saltos” en los datos ocasionados por el azar y por situaciones inusuales: no siguen un patrón discernible.

6.8. 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.

6.9. Programación entera

Es un modelo que tiene restricciones y una función objetivo idénticas a las formuladas por la programación lineal. La única diferencia es que una o más de las variables de decisión tienen que tomar un valor esperado en la solución final. Existen tres tipos de problemas de programación entera:

1. **Programación entera pura:** son casos 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 donde todas las variables de decisión deben tener valores de solución enteros de 0 o 1.

7. Aplicación

7.1. Recolección de datos y desarrollo

Para abordar la problemática, en primer lugar se aplicó el modelo ABC y gráfico de Pareto para identificar entre las categorías estudiadas. Obteniendo como resultado que las de



mayor volumen de ventas son las categorías de Higiene Íntima e Higiene Sanitaria, siendo por defecto la que menor incidencia tiene, la clasificación de Higiene Personal.

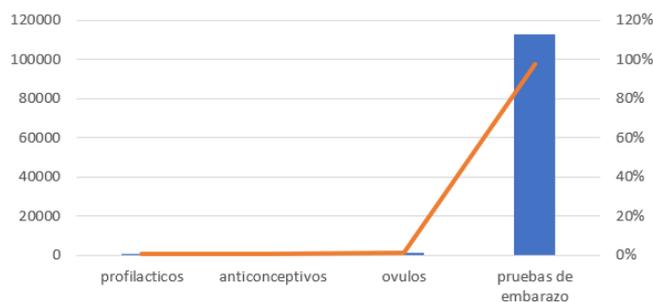
TABLA 1: Modelo ABC para las categorías Higiene Personal, Higiene Sexual e Higiene Sanitaria

ABC Categorías			
Hig. Íntima	112948	54,10%	A
Hig. Sanitaria	93152	44,62%	B
Hig. Personal	2661	1,27%	C
Total Artículos	208761	100%	

FUENTE: Elaboración propia

Gráfico 1: Higiene Íntima

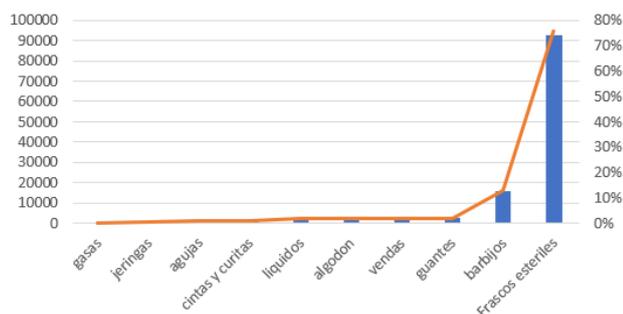
Gráfico de Pareto: Higiene Íntima



FUENTE: elaboración propia

Gráfico 2: Higiene Sanitaria

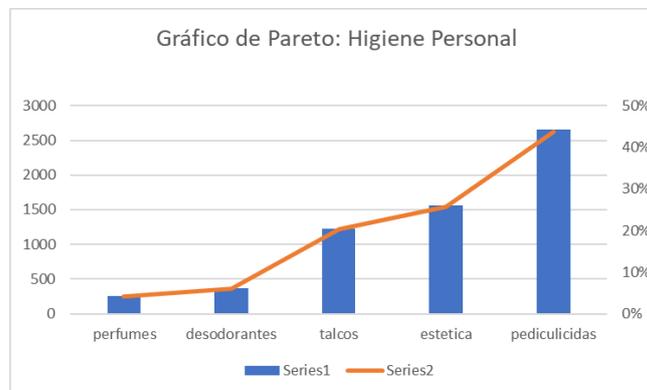
Gráfico de Pareto: Higiene Sanitaria



FUENTE: elaboración propia



Gráfico 3: Higiene Personal



FUENTE: elaboración propia

A continuación se realizó el mismo análisis pero esta vez separando por subcategoría cada categoría inicial. El objetivo de este análisis es identificar cuáles son las subcategorías a las que se les debería dar mayor atención para abastecerse y cuales no tienen un alto volumen de rotación, evitando así un sobre abastecimiento de las mismas generando pérdidas por capital inmovilizado.

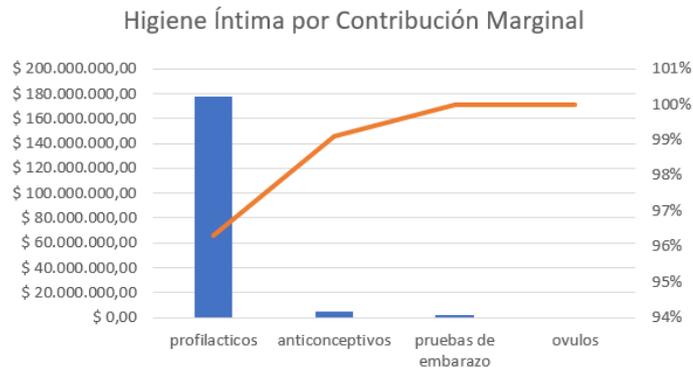
Gráfico 4: Modelo ABC

Categoría	Subcategoría	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Rotación	Clase ABC	Valor Total Categoría
higiene personal	pediculicidas	1099	\$3.460,00	\$3.802.540,00	71,14%	A	\$5.345.372,00
	perfumes	255	\$3.580,00	\$912.900,00	17,08%	B	
	talcos	863	\$366,00	\$315.858,00	5,91%	C	
	estetica	331	\$545,00	\$180.395,00	3,37%	C	
	desodorantes	113	\$1.183,00	\$133.679,00	2,50%	C	
					100,00%		
higiene intima	pruebas de emb	111733	\$1.589,00	\$177.543.737,00	96,31%	A	\$184.348.527,00
	ovulos	410	\$12.500,00	\$5.125.000,00	2,78%	B	
	profilacticos	798	\$2.105,00	\$1.679.790,00	0,91%	C	
	anticonceptivos	7		\$0,00	0,00%	C	
					100,00%		
higiene sanitaria	barbijos	13286	\$2.150,00	\$28.564.900,00	56,63%	A	\$50.439.485,00
	Frascos esteriles	76551	\$2.374,00	\$18.175.274,00	36,03%	A	
	jeringas	574	\$3.271,00	\$1.877.411,00	3,72%	B	
	agujas	777	\$1.145,00	\$889.665,00	1,76%	C	
	cintas y curitas	71	\$6.006,00	\$426.426,00	0,85%	C	
	liquidos	1124	\$341,00	\$383.284,00	0,76%	C	
	vendas	25	\$2.900,00	\$72.500,00	0,14%	C	
	gasas	15	\$1.260,00	\$18.900,00	0,04%	C	
	guantes	7	\$2.679,00	\$18.750,00	0,04%	C	
	algodon	32	\$387,00	\$12.375,00	0,02%	C	
						100,00%	

FUENTE: elaboración propia

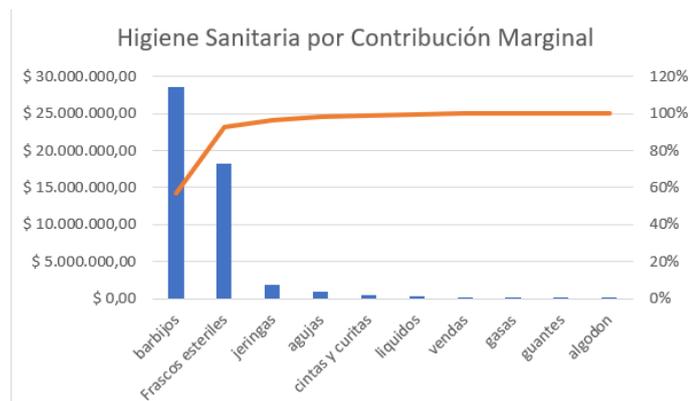


Gráfico 5: Diagrama de Pareto Higiene Íntima



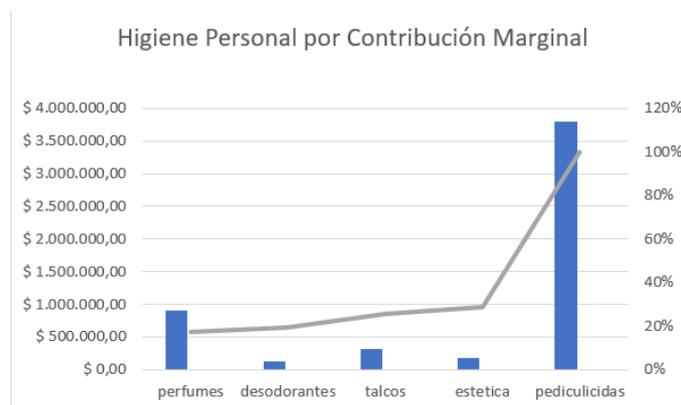
FUENTE: elaboración propia

Gráfico 6: Higiene Sanitaria



FUENTE: elaboración propia

Gráfico 7: Higiene Personal



FUENTE: elaboración propia



Se utiliza la herramienta de pronósticos a través de una tabla dinámica mes por mes para poder analizar las cantidades vendidas desde Mayo 2023 hasta Mayo 2024, siendo estos datos útiles al momento de pronosticar lo que sucederá en el próximo período Junio 2024.

Gráfico 8: Tabla dinámica de cantidades

	Ovulos	Jeringas	Pediculicidas	Pruebas de embarazo	Barbijos	Frascos	Perfumes
may-2023	64	484	6	9508	1248	3775	16
jun-2023	107	17	28	8718	1334	7575	37
jul-2023	56	106	20	9928	1419	3750	28
ago-2023	7	12	24	11804	829	7375	42
sept-2023	1	100	17	8544	258	9250	45
oct-2023	19	0	8	10334	710	7875	54
nov-2023	20	100	55	10597	258	6350	79
dic-2023	16	0	16	8404	1239	4225	134
ene-2024	210	464	15	9297	1250	5025	121
feb-2024	0	9	13	7648	855	2650	169
mar-2024	5	427	10	2540	1112	9600	182
abr-2024	55	50	13	9409	1098	4076	81
may-2024	240	109	30	5003	1100	5025	110
Total	800	1878	255	111734	12710	76551	1098

Fuente: *elaboración propia*

A partir de los datos obtenidos se procede a verificar qué tipo de modelo de pronósticos tiene una mayor bondad de ajuste. 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. A continuación, se exponen a modo de ilustración los pronósticos realizados para la mercancía clasificada como categoría A:



Gráfico 9: Pronósticos PMS Y PMP para categoría A: Pediculicidas

Pediculicidas	
Promedio Movil Simple	
Medida	Valor
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0,5
MAD (Mean Absolute Devia	11,409
MSE (Mean Squared Error)	274,886
Standard Error (denom=n-2)	18,33
MAPE (Mean Absolute Perc	58,54%
Pronóstico	
Siguiente Periodo	21,5
Promedio Movil Ponderado	
Medida	Valor
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0,309
MAD (Mean Absolute Devia	11,982
MSE (Mean Squared Error)	317,626
Standard Error (denom=n-2)	19,703
MAPE (Mean Absolute Perc	58,94%
Pronóstico	
Siguiente Periodo	26,6

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 10: Pronóstico Suav. Exponencial y Regresión Lineal para categoría A: Pruebas de embarazo

Pruebas de Embarazo:			
Suaviamiento Exponencial			
Medida	Valor		
Error Measures			
Bias (Mean Error)	-401,584		
MAD (Mean Absolute Deviation)	2256,097		
MSE (Mean Squared Error)	8026451		
Standard Error (denom=n-2=10)	3103,505		
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	39,77%		
Forecast			
next period	5652,791		
Regresion Lineal			
Medida	Valor	Periodo futuro	Pronostico
Error Measures		14	6055,731
Bias (Mean Error)	0	15	5692,99
MAD (Mean Absolute Deviation)	1518,112	16	5330,248
MSE (Mean Squared Error)	3666487	17	4967,506
Standard Error (denom=n-2=11)	2081,615	18	4604,765
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	26,91%	19	4242,023
Regression line		20	3879,281
Demand(y) = 11134,11		21	3516,54
-362,742 * time		22	3153,798
Statistics		23	2791,057
Correlation coefficient	-0,578	24	2428,315
Coefficient of determination (r^2)	0,334	25	2065,573
		26	1702,832
		27	1340,09

Fuente: Elaboración Propia



Finalizando pronóstico por el software QM se pudo comprobar que el menor DMA lo obtiene el modelo de Regresión lineal. Por lo tanto, se ha considerado seguir con dicho método de pronóstico considerado “De largo plazo”.

Gráfico 11: Comparación de pronósticos

	Promedio Movil Simple		Promedio Movil Ponderado		Suaviamiento Exponencial		Regresión	
	Pronóstico	MAD	Pronóstico	MAD	Pronóstico	MAD	Pronóstico	MAD
Jeringas	80	138	97	167	110	196	141	145
Ovulos	148	76	203	72	201	68	99	63
Pediculicidas	22	11	27	12	27	13	20	9
Pruebas de embarazo	7206	1966	5884	2381	5653	2256	6056	1518
Barbijos	1099	342	1100	343	1099	318	951	306
Frascos	4551	2248	4835	2465	5004	2570	5394	1877
Perfumes	95,5	30,682	104,2	26,945	108,06	26,624	161,885	25,445

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se procede con la aplicación de la herramienta cuantitativa Programación Lineal, a partir de la cual se buscará encontrar la combinación óptima de productos categoría A Y B que maximice la contribución marginal:

Variables de decisión: 7 en total

- A= Cantidad de Jeringas a comprar
- B= Cantidad de Óvulos a comprar
- C= Cantidad de Pediculicidas a comprar
- D= Cantidad de Pruebas de embarazos a comprar
- E= Cantidad de Barbijos a comprar
- F= Cantidad de Frascos a comprar
- G= Cantidad de Perfumes a comprar

Función Objetivo= Maximizar Contribución Marginal

Restricciones:

Cada categoría deberá tener como mínimo la cantidad estimada con QM.

R1: la demanda de Jeringas deberá ser, como mínimo 80 uds

R2: la demanda de Óvulos deberá ser, como mínimo 99 uds



R7: la demanda de perfumes deberá ser como mínimo 162 uds

La empresa tiene como política tener un determinado stock máximo a disposición, siendo:

R8: El stock de Jeringas debe ser como máximo 104 uds..

R9: El stock de Óvulos debe ser como máximo 129 uds.

R10: El stock de Pediculicidas debe ser como máximo 60 uds.

R11: El stock de PDE debe ser como máximo 10000 uds.

R12 El stock de Barbijos debe ser como máximo 1237 uds.

R13: El stock de frascos debe ser como máximo 7000 uds.

R14: El stock de Perfumes debe ser como máximo 200 uds.

La restricción Presupuestaria está definida por un monto mensual para la compra y gastos incurridos.

R15: Restricción presupuestaria.

Gráfico 12: Programación lineal continúa

	A	B	C	D	E	F	G		
VD	104	99	60	7758,09909	1237	7000	200		
CO	3271,00	12500,00	3460,00	1589,00	2150,00	2374,00	3580,00	34106453,46	
R1	1							104 >=	80 Demanda
R2		1						99 >=	99 Demanda
R3			1					60 >=	20 Demanda
R4				1				7758 >=	6056 Demanda
R5					1			1237 >=	951 Demanda
R6						1		7000 >=	5394 Demanda
R7							1	200 >=	162 Demanda
R8	1							104 <=	104 Política
R9		1						99 <=	129 Política
R10			1					60 <=	60 Política
R11				1				7758 <=	10000 Política
R12					1			1237 <=	1237 Política
R13						1		7000 <=	7000 Política
R14							1	200 <=	200 Política
R15	2877,17	10995,00	3043,42	1397,68	1891,14	2088,17	3148,97	30000000 <=	30000000 Presupuesto

Fuente: Elaboración Propia-solver-excel



Gráfico 13: Programación lineal entera

Programación Entera	A	B	C	D	E	F	G			
VD	80	99	20	8.676	951	6.736	200			
FO	3.271	12.500	3.460	1.589	2.150	2.374	3.580	34.106.458		
R1:cant jeringas	1							80	>=	80
R2:cant ovulos		1						99	>=	99
R3:cant pediculicidas			1					20	>=	20
R4:prueba de embarazo				1				8.676	>=	6.056
R5:cant debarbijos					1			951	>=	951
R6:cant de frasco						1		6.736	>=	5.394
R7: cant perfumes							1	200	>=	162
R8:stock jeringas	1							80	<=	104
R9:stock ovulos		1						99	<=	129
R10:stock pediculicidas			1					20	<=	60
R11:stock prueba de embarazo				1				8.676	<=	10.000
R12:stock barbijos					1			951	<=	1.237
R13:stock frascos						1		6.736	<=	7.000
R14:stock perfumes							1	200	<=	200
R15:presupuesto	2.877	10.995	3.043	1.398	1.891	2.088	3.149	30.000.000	<=	30.000.000

Fuente: Elaboración Propia- solver-excel

De los resultados obtenidos de programación lineal continua observamos que el conjunto solución que logra maximizar la Contribución Marginal Total es la siguiente mezcla óptima de pedidos:

A= 104 Cantidad de Jeringas

B= 99 Cantidad de Óvulos

C= 60 Cantidad de Pediculicidas.

D= 7759 Cantidad de Prueba de embarazo.

E= 1237 Cantidad de Barbijos.

F= 7000 Cantidad de frascos.

G= 200 Cantidad de Perfumes.

De esta manera, la contribución marginal sería: \$34.106.453,46

Finalizada la programación lineal se obtiene el informe de sensibilidad:



Gráfico 14: Informe de sensibilidad (Con restricción presupuestaria)

Celdas de variables									
Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir	Rango de Optimalidad		
\$B\$2	VD A	104	0	3271	1,00E+30	0	3271	1,00E+30	
\$C\$2	VD B	99	0	12500	0,039350924	1,00E+30	-1,00E+30	12500,0393	
\$D\$2	VD C	60	0	3460	1,00E+30	0	3460	1,00E+30	
\$E\$2	VD D	7758,099093	0	1589	0	0,005002274	1588,994998	1589	
\$F\$2	VD E	1237	0	2150	1,00E+30	0	2150	1,00E+30	
\$G\$2	VD F	7000	0	2374	1,00E+30	0	2374	1,00E+30	
\$H\$2	VD G	200	0	3580	1,00E+30	0	3580	1,00E+30	

Fuente: Elaboración propia- solver-excel

Gráfico 15: Informe de sensibilidad (Con restricción presupuestaria)

Restricciones									
Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir	Rango de factibilidad		
\$I\$11	R8:stock jeringas	104	0	104	826,8506414	24	80	930,850641	
\$I\$12	R9:stock ovulos	99	0	129	1,00E+30	30	99	1,00E+30	
\$I\$13	R10:stock pedicudicidas	60	0	60	781,6830605	40	20	841,683060	
\$I\$14	R11:stock prueba de emba	7758,099093	0	10000	1,00E+30	2241,900907	7758,099093	1,00E+30	
\$I\$15	R12:stock barbijos	1237	0	1237	1257,96602	286	951	2494,96602	
\$I\$16	R13:stock frascos	7000	0	7000	1139,270203	1500,577089	5499,422911	8139,27020	
\$I\$17	R14:stock perfumes	200	0	200	755,4819068	38	162	955,481906	
\$I\$18	R15:presupuesto	30000000	1,136883979	30000000	3133460,06	2378989,86	27621010,14	33133460,0	
\$I\$4	R1:cant jeringas	104	0	80	24	1,00E+30	-1,00E+30	104	
\$I\$5	R2:cant ovulos	99	-0,039350924	99	30	99	0	129	
\$I\$6	R3:cant pedicudicidas	60	0	20	40	1,00E+30	-1,00E+30	60	
\$I\$7	R4:prueba de embarazo	7758,099093	0	6056	1702,099093	1,00E+30	-1,00E+30	7758,09909	
\$I\$8	R5:cant debarbijos	1237	0	951	286	1,00E+30	-1,00E+30	1237	
\$I\$9	R6:cant de frasco	7000	0	5394	1606	1,00E+30	-1,00E+30	7000	
\$I\$10	R7:cant perfumes	200	0	162	38	1,00E+30	-1,00E+30	200	

Fuente: Elaboración propia- solver-excel

Con respecto al informe de sensibilidad, realizado por medio del complemento de solver, se observa que con respecto a las variables de decisión no tenemos costo reducido en ninguna de ellas, la solución óptima nos indica que es conveniente la comercialización de los productos de cada una de las subcategorías.

El rango de optimalidad es lo permisible aumentar o disminuir de acuerdo a los coeficientes de la función objetivo.



Por ejemplo: La variable de decisión “C”, que corresponde a *pediculidas*, el rango va desde (3460;a infinito), puede tomar valores en ese intervalo , y si toma valores fuera de dicho rango, haría que cambien los valores de la variable de decisión, y por ende el conjunto solución de la contribución marginal también se vería afectada, la cual aumentaría si se agregan más recursos.

El rango de factibilidad es la restricción del lado derecho menos lo permisible disminuir y más lo permisible aumentar, con respecto a las diferentes restricciones que se presentan en la salida del informe de sensibilidad.

Por ejemplo: el rango que va (80;930,85) es el intervalo que puede tomar la restricción de *stock de jeringas*, cualquier valor por fuera de dicho intervalo estaría fuera del conjunto solución y ocasiona un valor diferente en el valor final de la función objetivo.

Los recursos cuellos de botellas son los que tienen holgura igual cero y deben ser gestionados, sin embargo los que tienen holgura distinta de cero no deben gestionarse porque la solución no varía.

Por ejemplo: La restricción de presupuesto genera un cuello de botella, el cual se puede gestionar, si al aumentar una unidad de ese recurso el valor final de la función objetivo, es decir, la contribución marginal aumenta en \$ 1,1368.-

Gráfico 16: Informe de sensibilidad (Sin Restricción Presupuestaria)

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir	Rango de Optimalidad	
\$B\$2	VD A	104	0	3271	1E+30	3271	0	1E+30
\$C\$2	VD B	129	0	12500	1E+30	12500	0	1E+30
\$D\$2	VD C	60	0	3460	1E+30	3460	0	1E+30
\$E\$2	VD D	10000	0	1589	1E+30	1589	0	1E+30
\$F\$2	VD E	1237	0	2150	1E+30	2150	0	1E+30
\$G\$2	VD F	7000	0	2374	1E+30	2374	0	1E+30
\$H\$2	VD G	200	0	3580	1E+30	3580	0	1E+30

Fuente: Elaboración propia- solver-excel



Gráfico 17: Informe de sensibilidad (Sin Restricción Presupuestaria)

Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir	Rango de Factibilidad	
\$I\$11	R8:stock jeringas	104	3271	104	1E+30	24	80	1E+30
\$I\$12	R9:stock ovulos	129	12500	129	1E+30	30	99	1E+30
\$I\$13	R10:stock pedicudicidas	60	3460	60	1E+30	40	20	1E+30
\$I\$14	R11:stock prueba de embarazo	10000	1589	10000	1E+30	3944	6056	1E+30
\$I\$15	R12:stock barbijos	1237	2150	1237	1E+30	286	951	1E+30
\$I\$16	R13:stock frascos	7000	2374	7000	1E+30	1606	5394	1E+30
\$I\$17	R14:stock perfumes	200	3580	200	1E+30	38	162	1E+30
\$I\$4	R1:cant jeringas	104	0	80	24	1E+30	-1E+30	104
\$I\$5	R2:cant ovulos	129	0	99	30	1E+30	-1E+30	129
\$I\$6	R3:cant pedicudicidas	60	0	20	40	1E+30	-1E+30	60
\$I\$7	R4:prueba de embarazo	10000	0	6056	3944	1E+30	-1E+30	10000
\$I\$8	R5:cant debarbijos	1237	0	951	286	1E+30	-1E+30	1237
\$I\$9	R6:cant de frasco	7000	0	5394	1606	1E+30	-1E+30	7000
\$I\$10	R7:cant perfumes	200	0	162	38	1E+30	-1E+30	200

Fuente: Elaboración propia- solver-excel

En el informe de sensibilidad previo, observamos que varias restricciones presentaban un precio sombra de 0 debido a la interacción de la restricción presupuestaria con el resto de las restricciones. Por esta razón, decidimos realizar un segundo análisis excluyendo la restricción presupuestaria para obtener una visión más clara de las influencias individuales de las demás restricciones.

Al analizar la salida del solver en el gráfico 17, se observa que el rango de factibilidad para las restricciones R9 a R14 muestra un precio sombra distinto de cero. Esto indica que estas restricciones están generando cuellos de botella en el modelo y, por lo tanto, deberían ser gestionadas adecuadamente para mejorar o mantener el stock de los diferentes productos.

Entender el precio sombra de estas restricciones nos permite cuantificar el impacto que tendría en la contribución marginal total del modelo el incremento de dichas restricciones en una unidad. Este análisis es crucial para identificar y priorizar los ajustes necesarios en las



restricciones del modelo, con el objetivo de maximizar la eficiencia y la rentabilidad de la producción.

8. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de herramientas de análisis cuantitativo y un análisis exhaustivo de los datos obtenidos por parte de la empresa, se recomienda:

- Aumentar el estudio y análisis de los datos obtenidos de ventas mensuales, para obtener información relevante a la hora de tomar decisiones.
- Implementar un sistema de monitoreo de stock existente en tiempo real para las categorías más relevantes.
- Analizar la posibilidad de flexibilización en las restricciones presupuestarias, para evitar el desabastecimiento de aquellos productos con más rotación.

9. Conclusiones

Finalizado el trabajo, después de un análisis de los datos históricos de ventas y con el objetivo de lograr una gestión eficiente del inventario y mejorar la planificación de compras, se propone la implementación de pronósticos para estimar la demanda del próximo período. Estos ayudarán en la toma de decisiones fundamentadas, reduciendo la incertidumbre y optimizando el rendimiento económico de la empresa.

Resulta indispensable llevar un control de los datos en el tiempo, ya que es la única manera de detectar variaciones de venta, por lo tanto se debe contar con una base de datos organizada y ordenada por rubro y subcategoría para su correspondiente análisis cuantitativo.



Al evaluar diversos métodos de pronóstico, se identificó que el modelo de regresión es el que mejor se ajusta a los datos en todos los casos analizados, brindando resultados más precisos y confiables. Por lo tanto, se aconseja a la empresa utilizar el mismo como base para sus pronósticos de demanda futuros.

10. Bibliografía

- Render, Stair, Hanna. Editorial Pretince Hall (2013) *Métodos Cuantitativos para los negocios*.
- Sampieri, R. H. (2014). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill.

11. Referencias

- MRPeasy (2 de abril de 2024) *Análisis ABC (Regla 80/20) en la gestión de inventarios*
<https://www.mrpeasy.com/blog/es/analisis-abc/#::~:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20ABC%20es%20una,por%20su%20frecuencia%20de%20utilizaci%C3%B3n.>
- <https://www.jaspersoft.com/es/articles/what-is-a-pareto-chart>