

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**MODELO DE PRICING DINÁMICO PARA PRODUCTOS DE MODA EN UNA  
TIENDA POR DEPARTAMENTO**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**JACQUELINE ANDREA VÁSQUEZ DROUILLY**

**PROFESOR GUÍA:  
LUIS ABURTO LAFOURCADE**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
RICARDO MONTOYA MOREIRA  
RENÉ CALDENTEY MORALES**

**SANTIAGO DE CHILE  
ENERO 2010**

RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL  
POR: JACQUELINE VÁSQUEZ DROUILLY  
FECHA: 19/01/2010  
PROF. GUIA: SR. LUIS ABURTO

**“MODELO DE PRICING DINÁMICO PARA PRODUCTOS DE MODA EN  
UNA TIENDA POR DEPARTAMENTO”**

En la actualidad las tiendas por departamento enfrentan una ardua competencia, la que se da principalmente para los productos de moda que poseen un ciclo de vida corto y alta rotación. Esta situación es generada por lo dinámico de la industria del retail, que presenta productos que cambian constantemente, lo cual impide aprender del comportamiento de la demanda y conservar stock de una temporada a otra. Tácticas de pricing se utilizan en estas circunstancias, pues el precio es una variable manejable y muestra influencia en el comportamiento de la demanda.

El objetivo de este trabajo es desarrollar una metodología que determine precios en el tiempo para una categoría de productos de moda en una tienda por departamento con el fin de aumentar los ingresos. Para esto se formula un modelo matemático de optimización que maximiza ingresos junto con analizar diferentes escenarios de demanda.

La metodología está dividida en dos etapas. En la primera la demanda es estimada por medio de regresiones y modelos de estimación diseñados para este tipo de productos. La segunda consta del uso del algoritmo de programación dinámica para resolver el problema de pricing para cada periodo en el horizonte de planeación.

Para llevar a cabo lo anterior se utilizaron datos sobre precios y ventas de una importante cadena de tiendas por departamento. Así para la estimación de demanda se utilizó un modelo de regresión lineal, la cual mostró un ajuste de  $R^2$  cercano a 0,4. Luego al resolver la programación dinámica, la política óptima de precios obtenida mostró mejoras de hasta un 50% en los ingresos comparado con la política actual, aumentando el precio promedio de los productos, reduciendo quiebres de stock y sobrestocks mínimos al final de la temporada. Al revisar los resultados se observa que se obtuvo una política de precios que sigue la lógica para productos de moda, en los que el precio disminuye paulatinamente a medida que avanza la temporada. Además, al comparar con la política actual se observa que los modelos muestran que es conveniente partir con un precio más bajo para el producto, como también reducir su precio anticipadamente en la temporada, para así lograr mayores ventas y a precios más altos.

Una de las limitaciones del modelo se encuentra en que el ajuste de la estimación de demanda no es preciso. Para solucionar lo anterior, se propone agregar en la estimación de demanda variables de promociones y publicidad, las cuales influyen en la demanda de productos, y así poder captar de mejor forma el comportamiento de esta.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a mi familia, mis padres Lidia Drouilly y Claudio Vásquez, quienes desde pequeña incentivaron el desarrollo por mi curiosidad y ganas de aprender. También a mi hermano Cristián, quien a pesar de todos los momentos ingratos que hemos tenido siempre ha sabido ser alguien que entendió mis esfuerzos por lograr mis objetivos a pesar de lo que se me ha presentado en el camino.

También quiero dar gracias a mi mejor amiga, Jennifer Velásquez V., mi hermana, quien ha sido un gran apoyo desde que nos conocemos, ha sido un cable a tierra para lograr conectarme a la realidad y despejar mi mente en momentos de stress y colapso, por recibirme innumerables veces en su hogar para facilitarme la llegada a la Universidad, entre muchas otras cosas.

Durante estos casi 7 años he conocido mucha gente a la cual debo agradecer por su apoyo incondicional, por darme ánimos para no decaer y por estar ahí, ya sea para hablar, reír, salir o simplemente hacerme compañía. No quisiera que ninguno se quedara fuera de esto, pero debo dar gracias a algunos en especial: “Moe”, Beatriz, Lilian, Nicol, Christian, “Gabe” y “Nikito”. Ellos me mostraron que los amigos no son sólo en las buenas, sino que en todo momento, y demostraron con creces que son grandes personas.

También agradecer a amigos y personas que me han acompañado durante este camino arduo en la Universidad: “Cobregón”, Millaray, Marlenne, Iván, Phillipe, Felipe, “Guatón”, entre muchos otros.

Necesito dar gracias también a mi profesor guía y co-guía, quienes me dieron su apoyo durante mi largo proceso para desarrollar este trabajo, el cual presentó varios inconvenientes en el camino, y que con el apoyo de ellos fue posible de solucionar.

Finalmente quiero agradecer a todas las personas que en este año y el anterior estuvieron en mi vida, pues gracias a ellos he aprendido muchas cosas sobre las personas, sobre mí y sobre la vida, ayudándome, con pequeñas frases a recuperarme en momentos en que sentí que nada tenía sentido.

*¡¡Gracias a todos!!*

## ÍNDICE

---

Índice .....	3
1 INTRODUCCIÓN .....	8
1.1 Antecedentes generales .....	8
1.2 Tiendas por Departamento .....	9
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN .....	9
3 OBJETIVOS .....	12
3.1 Objetivo General .....	12
3.2 Objetivos Específicos .....	12
4 ALCANCES .....	12
5 RESULTADOS ESPERADOS .....	13
6 METODOLOGÍA .....	13
6.1 Metodología KDD .....	13
7 MARCO CONCEPTUAL .....	16
7.1 Pricing (Fijación de Precios) .....	16
7.2 Modelos de optimización .....	16
7.2.1 Maximización de Ingresos .....	17
7.3 Modelos de estimación de Demanda .....	17
7.3.1 Regresión Lineal .....	17
7.3.2 Modelo Estimación de Demanda para Productos Tecnológicos [15] .....	18
7.4 Métodos de resolución del Problema .....	20
7.4.1 Programación Dinámica .....	20
7.4.2 Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de retail [4] .....	21
7.4.3 Modelo de fijación de precios e inventarios iniciales en la industria del retail [12] .....	25
8 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA .....	32
8.1 Identificación marco de estudio .....	32
8.1.1 Situación Actual .....	32
8.1.2 Revisión Bibliográfica .....	33
8.2 Selección de datos .....	34
8.2.1 Descripción de los Datos .....	36

8.2.2	Selección de Datos Generales.....	37
8.2.3	Selección de Categoría.....	37
8.2.4	Selección de Productos .....	40
8.3	Preprocesamiento.....	41
8.3.1	Datos erróneos.....	41
8.3.2	Reformulación Modelo de Resolución Simple (Regresión Lineal).....	42
8.3.3	Reformulación Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail.....	43
8.4	Estimación de la Demanda.....	45
8.4.1	Modelo de Resolución simple (Regresión Lineal) .....	45
8.4.2	Estimación de parámetros Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de retail. ....	50
8.5	Modelamiento .....	53
8.5.1	Modelamiento Resolución Simple (Regresión Lineal).....	54
8.5.2	Modelamiento de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail.....	62
8.6	Evaluación .....	73
8.6.1	Evaluación para Modelo de resolución simple (Regresión Lineal).....	73
8.6.2	Evaluación para Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail.....	80
9	CONCLUSIONES.....	85
9.1	Conclusiones generales .....	85
9.2	Conclusiones sobre los modelos utilizados .....	86
9.2.1	Conclusiones para Modelo de resolución simple (Regresión Lineal).....	86
9.2.2	Conclusiones para Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail.....	86
9.3	Limitaciones del Modelo .....	87
9.3.1	Limitaciones para Modelo de resolución simple (Regresión Lineal).....	87
9.3.2	Limitaciones para Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail.....	87
10	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN .....	88
11	ANEXOS .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1: Distribución ventas del Retail según formato, Año 2006.....	8
Figura 3: Unidades vendidas y precios de producto de moda. ....	11
Figura 4: Metodología. ....	15
Figura 5: Precio, ventas y promociones para SKU 467304, TB BIK BAS08OPP-011/LIME/SURT. ....	33
Figura 6: Niveles desagregados de clasificación de productos.....	35
Figura 7: Modelo Relacional de Datos. ....	36
Figura 8: Análisis categorías por Monto [%] v/s Presencia en Boletas [%]. ....	37
Figura 10: Precio y demanda a nivel semanal SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt. ....	40
Figura 11: Precio y demanda a nivel semanal SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt. ....	41
Figura 14: Demanda obtenido con modelo 1 y modelo 2, utilizando los precios registrados por la multitienda para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt. ....	47
Figura 13: Demanda obtenido con modelo 1 y modelo 2, utilizando los precios registrados por la multitienda para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt. ....	49
Figura 14: Tasa $\lambda$ correspondiente a los precios presentes para el SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.....	51
Figura 15: Tasa $\lambda$ correspondiente a los precios presentes para el SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	51
Figura 12: Distribución Weibull para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt. ....	53
Figura 13: Distribución Weibull para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt. ....	53
Figura 19: Comparación política actual con políticas opcionales de precios, modelo de 23 semanas. ....	74
Figura 20: Comparación política actual con resultados óptimos obtenidos para modelo 1 y modelo 2 para SKU 467304, Tb Bik Bas08opp-011/Lime/Surt. ....	75
Figura 23: Comparación política actual con resultados obtenidos para modelo 1 y modelo 2.....	79
Figura 24: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 1 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	80
Figura 25: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 2 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	80
Figura 26: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 3 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	81
Figura 27: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 1 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	82
Figura 28: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 2 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	82
Figura 29: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 3 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1: Datos disponibles.....	36
Tabla 2: Departamentos Categoría Accesorios Femeninos.....	38
Tabla 3: Sub-departamentos Traje de Baños. ....	38
Tabla 4: Características SKU's seleccionados.....	40
Tabla 5: Coeficientes demanda para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 26 semanas (Modelo 1). ....	46
Tabla 6: Coeficientes demanda para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 23 semanas (Modelo 2). ....	46
Tabla 7: Información registrada para el uso de la política actual de precios con los modelos anteriores para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt. ....	47
Tabla 9: Coeficientes demanda para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 18 semanas (Modelo 2). ....	48
Tabla 10: Información registrada para el uso de la política actual de precios con los modelos anteriores para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt. ....	49
Tabla 11: Valores coeficientes distribución Weibull. ....	52
Tabla 12: Opciones de precios determinadas para los SKU's en estudio.....	54
Tabla 13: Inventarios iniciales para los productos en análisis.....	54
Tabla 14: Estimación demanda para cada opción de precio y periodo para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 26 semanas. ....	55
Tabla 15: Política óptima de precios para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 26 semanas.....	56
Tabla 16: Estimación demanda para cada opción de precio y periodo para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 23 semanas. ....	57
Tabla 17: Política óptima de precios para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 23 semanas.....	58
Tabla 18: Estimación demanda para cada opción de precio y periodo para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 26 semanas. ....	59
Tabla 19: Política óptima de precios para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 26 semanas.....	60
Tabla 20: Estimación demanda para cada opción de precio y periodo para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 18 semanas. ....	61
Tabla 21: Política óptima de precios para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 18 semanas.....	62
Tabla 22: Opción de Precio, $\lambda$ , Distribución acumulada Weibull y $\lambda kp$ para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.....	63
Tabla 23: Opción de Precio, $\lambda$ , Distribución acumulada Weibull y $\lambda kp$ para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	64
Tabla 24: Tasa ( $\lambda kp$ ) para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	65
Tabla 25: Política de precios óptima con Heurística 1. ....	66
Tabla 26: Política de precios óptima con Heurística 2. ....	67
Tabla 27: Política de precios óptima con Heurística 3. ....	68
Tabla 28: Tasa ( $\lambda kp$ ) para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt. ....	69
Tabla 29: Política de precios óptima con Heurística 1. ....	70
Tabla 30: Política de precios óptima con Heurística 2. ....	71

Tabla 31: Política de precios óptima con Heurística 3 .....	72
Tabla 32: Información registrada para el uso de la política actual junto con las 2 políticas propuestas con el uso de la demanda para el modelo 1, para SKU 467304, Tb Bik Bas08opp-011/Lime/Surt.....	74
Tabla 33: Información registrada para el uso de la política actual junto con las 2 políticas propuestas con el uso de la demanda para el modelo 2, para SKU 467304, Tb Bik Bas08opp-011/Lime/Surt.....	75
Tabla 34: Información registrada para el uso de la política actual junto con resultados óptimos obtenidos para modelo 1 y modelo 2 para SKU 467304, Tb Bik Bas08opp-011/Lime/Surt.....	76
Tabla 35: Información registrada para el uso de la política actual junto con las 2 políticas propuestas con el uso de la demanda para el modelo 1, para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	77
Tabla 36: Información registrada para el uso de la política actual junto con las 2 políticas propuestas con el uso de la demanda para el modelo 2, para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	78
Tabla 37: Información registrada para el uso de la política actual junto con resultados óptimos obtenidos para modelo 1 y modelo 2 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.....	79
Tabla 38: Información registrada para el uso de la política actual junto con resultados óptimos obtenidos para las heurísticas 1, 2 y 3 con distribución Weibull incluida para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt. ....	81
Tabla 39: Información registrada para el uso de la política actual junto con resultados óptimos obtenidos para las heurísticas 1, 2 y 3 sin distribución Weibull incluida para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt. ....	83
Tabla 40: Resumen Resultados Heurísticas para todos los escenarios. ....	84

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES GENERALES

La industria del comercio retail se ha convertido en uno de los más competitivos a nivel Latinoamericano y mundial, puesto que ha sido una de las industrias que ha mostrado mayor desarrollo y crecimiento.

En la actualidad los diferentes tipos de retailers se ven enfrentados a una alta competencia, dado a que el mercado posee pocos competidores, los cuales buscan obtener los mejores rendimientos dado el mercado existente. Debido a la contingencia actual, el tratar de aumentar las ganancias para las empresas es fundamental, puesto que los márgenes de ganancias se ven cada vez más reducidos.

Entre los diferentes tipos de retailers se encuentran los supermercados, tiendas de conveniencia, de mejoramiento del hogar y tiendas por departamento, todos los cuales se dedican exclusivamente al mercado minorista, siendo fundamentales y cotidianos este tipo de tiendas en la vida diaria de las personas.

Las ventas correspondientes al retail se distribuyen como muestra la Figura 1, dependiente del formato.

**Figura 1: Distribución ventas del Retail según formato, Año 2006.**



Fuente: AC Nielsen.

En la presente memoria se trabajará el caso de las tiendas por departamento, las cuales han mostrado un creciente aumento en las ventas, debido a la amplia gama de formas de pago que han implementado y ofertas realizadas por éstas.

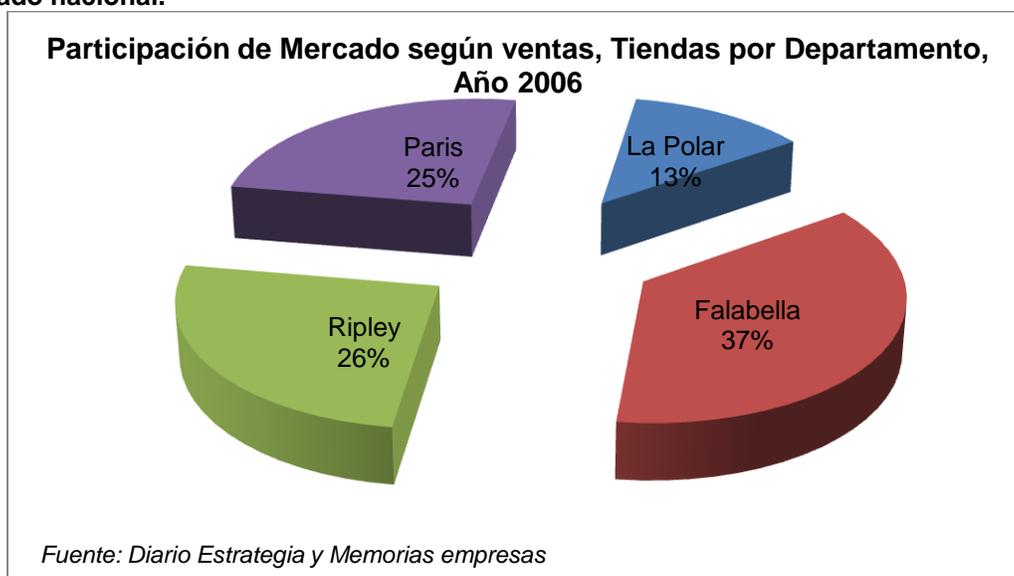
## 1.2 TIENDAS POR DEPARTAMENTO

Una tienda por departamento se define como un formato de multitienda cuyas salas de ventas son de grandes dimensiones (8.000 m<sup>2</sup> promedio), las cuales ofertan una amplia gama de productos encaminados a cubrir las diversas necesidades de los consumidores: confección, menaje del hogar, decoración, vestuario, etc. por esto es que se manejan miles de ítems y se poseen variados números de cajas, según el departamento que se analice.

La gran diferencia que presentan frente a un centro comercial es que las tiendas por departamento pertenecen a una única empresa y una sola tienda, de gran tamaño y no son distintas tiendas agrupadas en un mismo espacio.

En Chile los principales exponentes de este tipo de tiendas se concentran principalmente en 4 cadenas: “Falabella”, “Ripley”, “La Polar” y “Paris”. A continuación se puede observar la participación de mercado de este tipo de tienda, para los principales exponentes.

**Figura 2: Participación de mercado de las diferentes tiendas por departamento en el mercado nacional.**



## 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN

---

En la actualidad los gerentes de productos de los diferentes tipos de negocio, están a cargo del manejo de los productos durante todo su ciclo de vida, en donde el plan de marketing de estos es parte fundamental de su trabajo. Es en esta labor en donde las principales variables que se manejan son la elección de los productos, plaza en donde ubicarse, promociones y el precio, siendo esta última una de las más utilizadas para manejar la demanda en el corto plazo, sin

despreocupar de la misma forma las otras acciones posibles que complementan las medidas relacionadas con el precio, como pueden ser efectos de publicidad, exclusividad de productos, entre otros.

Por lo anterior se ha observado que los precios se manejan de formas poco definidas, observándose gran variabilidad en los precios durante el horizonte de planeación, los cuales pueden variar hasta en un 90% desde el precio inicial al comienzo de la temporada hasta el último registrado.

Es por ello que en los últimos años la inversión en investigación para políticas de precios ha aumentado, puesto que aún existen pérdidas de dinero por conceptos de ventas desaprovechadas, excesos de inventarios debido a la incorrecta fijación de precios, que no permiten vender en el momento deseado o quiebres de stock anticipados debido a la incorrecta fijación del precio para el producto, causando disconformidad al cliente. Dado lo anterior, muchos están dispuestos a investigar como la demanda afecta sus utilidades, revisando sus políticas de precios e invirtiendo en metodologías de pricing, que les ayude a mejorar sus ingresos y márgenes.

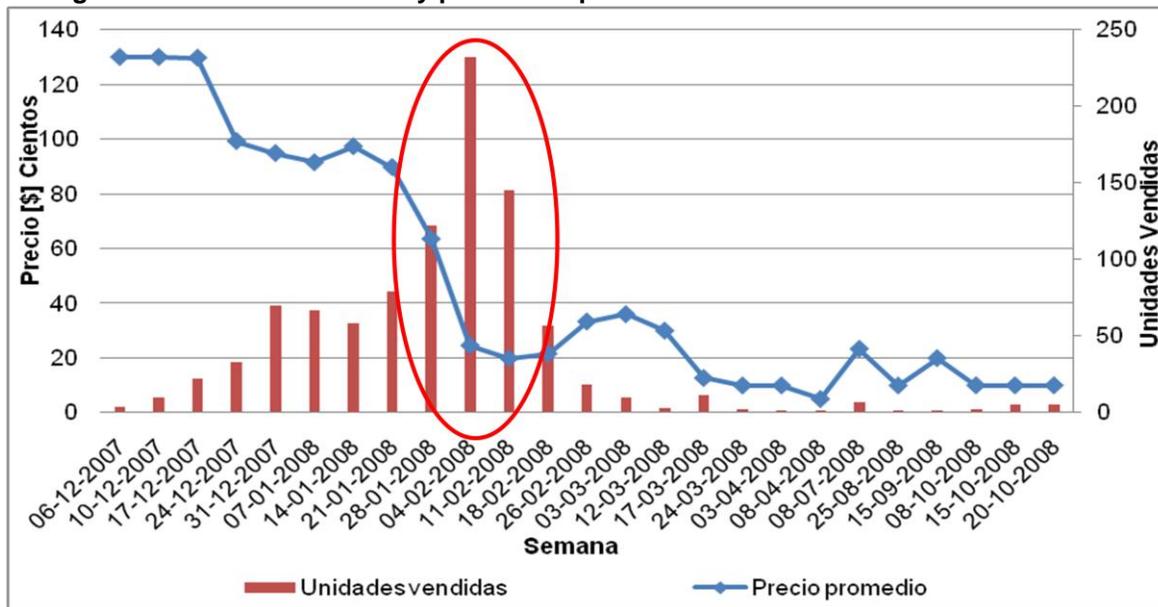
Por lo anterior, esta memoria pretende desarrollar una metodología para la determinación de la evolución de los precios que debe seguir un conjunto de productos de moda, es decir con tiempos de vida acotados, ya que estos dado cierto horizonte de tiempo su valor es cercano a cero, provocando que la determinación del precio correcto pueda provocar que un producto sea vendido totalmente, quede stock sin vender o se encuentren quiebres de stock, los cuales provocan descontento en los clientes.

Dado que el actual mercado en la industria nacional es altamente competitivo ya que la cantidad de participantes en el negocio de las tiendas por departamento es reducida, lo cual se ve reflejado en la Figura 2. Por lo anterior es fundamental buscar mecanismos para mejorar los rendimientos ya que las tiendas compiten constantemente por captar clientes, ya que es fundamental lograr y encontrar formas en que estos ingresos aumenten, sin implicar aquello un alza en los costos reduciendo las utilidades.

También surgen problemas debido al incremento de las promociones y/o liquidaciones con tal de vender el inventario existente, lo cual ha provocado distorsiones en la demanda, y también trae problemas en los stocks de productos, puesto que en algunas ocasiones los precios se fijan de manera errónea, provocando sobre demanda de ciertos productos, y esto puede conllevar a quiebres de stock, causando inconformidad de los clientes por no encontrar los productos en oferta, o en caso contrario provocar un sobre stock de productos al no ser demandados, los cuales provocan costos a las multitiendas que deben acarrear las pérdidas por inventarios no utilizados.

A continuación se puede observar un claro ejemplo en que una buena (o mala) fijación de precios, afecta la demanda por cierto producto.

Figura 3: Unidades vendidas y precios de producto de moda.



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 3 se observan los precios promedio y ventas para un producto de moda. Inicialmente el precio corresponde al fijado por la tienda, el cual es el más alto para el producto en el horizonte de tiempo. Esta lógica se da debido a que al comienzo de la temporada el producto presenta mayor valor en términos de pagar por la exclusividad del producto, declinando el precio de este en el tiempo. Sin embargo se pueden presentar fallas en la fijación de precios, que provocan distorsiones en la demanda. Estas se pueden observar en la parte destacada de la figura, en donde un cambio brusco del precio del producto conlleva a un explosivo aumento en la demanda, sobredemanda, lo que puede llevar a provocar quiebres de stock que provocan disconformidad al cliente y pérdida de utilidades a las multitiendas.

De lo anterior se puede deducir que existe poca dedicación, en especial en el mercado chileno, por tomar en cuenta la disposición a pagar por el cliente, puesto que no todos los clientes poseen la misma disposición a pagar por diferentes productos, ya que en ellos puede influir el momento de la compra, el precio u otros factores exógenos que no maneja la multitienda, como las estrategias utilizadas por los competidores, que pueden causar que los clientes busquen otras opciones de compra.

Es por ello que se plantea una solución de forma de encontrar una política de precios, la cual evolucione en el tiempo, a modo de poder captar el mayor excedente del consumidor, logrando alcanzar a entender el precio que refleja la disposición a pagar del cliente o consumidor.

Así, se desea obtener un modelo matemático que pueda ir en apoyo de la toma de decisiones para la definición de precios de productos de moda, en base a datos transaccionales ya existentes.

En base a lo anterior, se planea entregar una comparación de los costos de las liquidaciones con el modelo sugerido.

### **3 OBJETIVOS**

---

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una metodología para ayudar definir el cambio de los precios en el tiempo, para productos de una categoría de productos de moda.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diseñar un modelo matemático de optimización de precios para productos de una categoría de productos de moda, maximizando el ingreso.
- Analizar niveles de demanda dados diferentes escenarios.
- Evaluar el grado de eficiencia de las liquidaciones, observando la conveniencia de éstas.

### **4 ALCANCES**

---

El alcance es entregar un modelo matemático que permita determinar precios productos de una categoría concorde avanza la temporada, para así de esta forma lograr maximizar el ingreso en base al comportamiento de compra de los clientes por variaciones de precio y momento de compra.

En este estudio el modelo será aplicado a productos de una sola categoría de productos de moda, por lo tanto no se realizará análisis de otras categorías con el modelo. Esto es puesto que se asume que los diferentes productos de moda poseen comportamientos de variaciones de precio semejantes, ya que principalmente estas se dan por promociones que afectan a los productos, las cuales se aplican para gran parte de los productos de cada temporada. Además el horizonte de tiempo, ya sea para temporada primavera-verano u otoño-invierno, corresponde a casi igual número de días y promociones.

No se analizará la relación entre los diferentes productos, ya sean de la misma o distinta categoría, por lo tanto no se incluye el efecto sustitución de estos. Esto es un limitante para el problema, puesto que el efecto sustitución existe tanto para productos dentro de una misma categoría o en categorías diferentes. Uno de los

efectos que conlleva esta situación es la sobrestimación de la demanda, pues no se capta la sustitución que hace de los productos el consumidor, para el cual existen productos que son comparables y no independientes el uno del otro.

Los productos analizados son ejemplos representativos de la categoría, por lo tanto se entregaran resultados sólo de estos productos y el análisis se realizará en base a éstos.

## 5 RESULTADOS ESPERADOS

---

Al finalizar la memoria se espera poder obtener los siguientes resultados:

- Establecer cuáles son los beneficios monetarios que resultan del modelamiento realizado de los precios, para los productos analizados.
- Desarrollar una herramienta matemática que permita decidir cómo deben evolucionar los precios, evitando de esta manera quiebres de stock y captando el mayor excedente del cliente a favor de la tienda por departamento.

## 6 METODOLOGÍA

---

El proceso metodológico que se utilizará en la realización del proyecto, básicamente es del tipo KDD<sup>1</sup>, ya que se trabajará con gran cantidad de datos los cuales se deben refinar y filtrar para poder utilizarlos en la aplicación del modelo.

### 6.1 METODOLOGÍA KDD

KDD es el proceso no-trivial de identificar patrones previamente desconocidos, válidos, nuevos, potencialmente útiles y comprensibles dentro de los datos.

A continuación se presentan los pasos de la metodología, los cuales serán adaptados para el trabajo a realizar:

- *Selección de los datos:* Esta etapa se busca determinar cuáles serán los datos que se utilizarán para el análisis, y de esta forma poder cumplir los objetivos planteados.
- *Preprocesamiento:* En esta etapa se limpian los datos, se suavizan estacionalidades y tendencias, se eliminan datos que se encuentran fuera de rango, se crean variables dummies explicativas, entre otros.

---

<sup>1</sup> KDD: Knowledge Discovery Database (Descubrir conocimientos de base de datos).

Todo ello, con el objeto de eliminar factores externos que originen conclusiones erróneas.

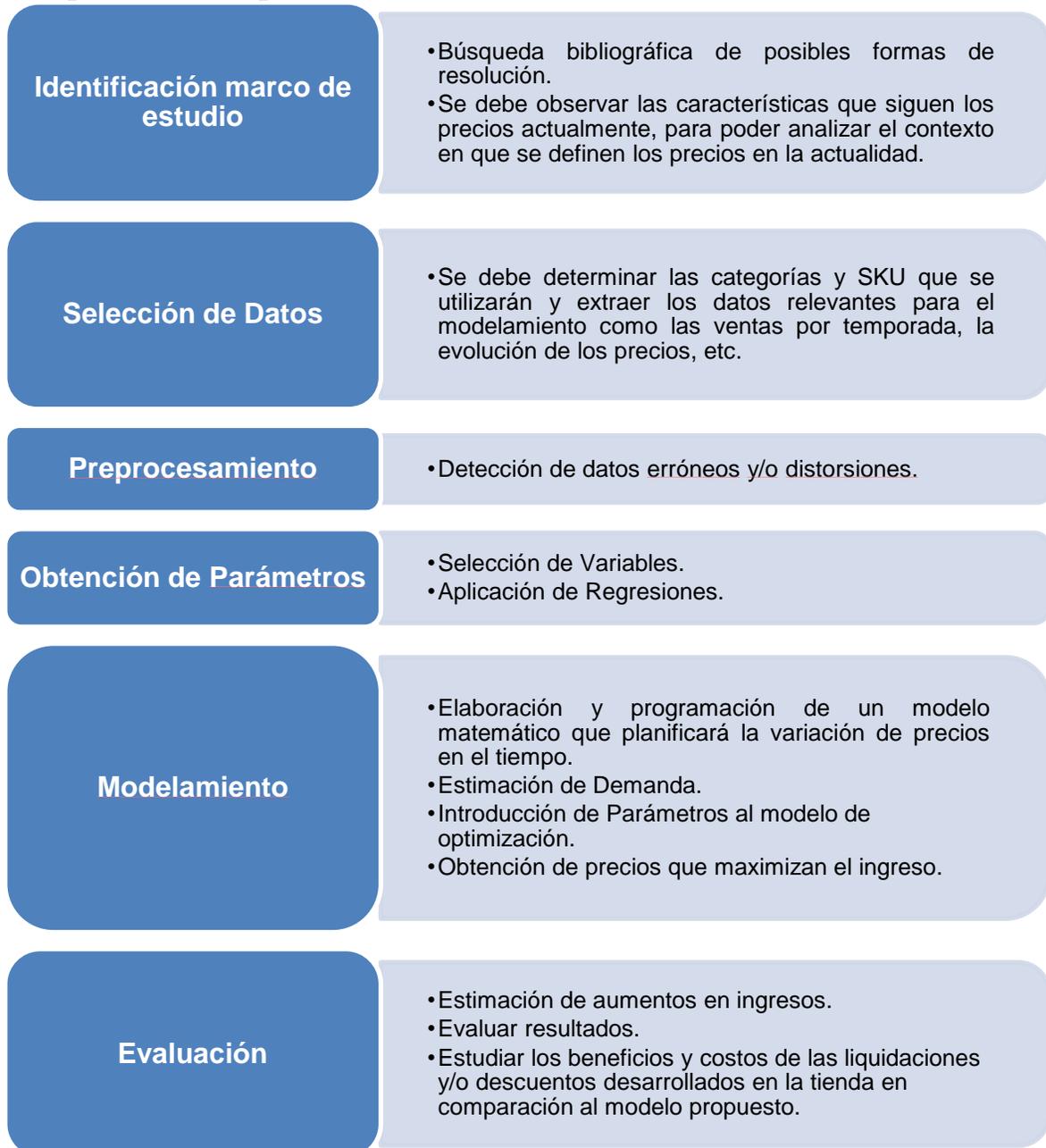
- *Transformación:* Los datos deben ser transformados para ser introducidos a los modelos de optimización que son aplicados en la siguiente etapa. En esta etapa se obtienen parámetros que explican las relaciones existentes entre la cantidad demandada y el precio tanto a nivel de categoría como a nivel de SKU<sup>2</sup>.
- *Data mining:* En esta etapa se deben aplicar técnicas que permitan cumplir los objetivos del trabajo. Particularmente, se construyen y aplican modelos de optimización, que permiten obtener los precios que otorgan un margen o un ingreso óptimo.
- *Evaluación de los Resultados:* Los resultados son evaluados, estimando los beneficios que otorga la aplicación de los precios en las salas de venta tanto teóricamente como empíricamente.

Las etapas a desarrollar se expresan a continuación y consiste en el proceso que se describe en la siguiente figura de la metodología KDD explicada anteriormente, realizando una adaptación para este proyecto. Estas adaptaciones consisten principalmente en que en la limpieza de datos estará enfocada en otros rasgos, puesto no existen estacionalidades ni tendencia, y tampoco es posible eliminar datos fuera de rango, ya que son fundamentales en este tipo de problema, junto con ciertas adaptaciones que ayuden a aplicar los modelos.

---

<sup>2</sup> SKU: Stock Keeping Unit (Unidad mantenida en Inventario).

**Figura 4: Metodología.**



*Fuente: Elaboración Propia*

## 7 MARCO CONCEPTUAL

---

Para resolver el problema planteado de pricing, se debe tener en claro los conceptos al respecto, para así poder guiar de forma correcta la memoria.

Además, por medio de la investigación realizada, se observó que la mejor metodología de resolución del problema, en la búsqueda por el modelo correcto de fijación de precios, para el caso de productos de moda, está dado por la resolución a través de programación dinámica, puesto que esta metodología obtiene una solución a un problema general por medio de la resolución de subproblemas, los cuales en este caso serían cada periodo.

En base a las descripciones realizadas se mostrarán posibles modelos a utilizar, de modo de poder resolver el problema planteado, tratando de alcanzar los mejores resultados de forma de mejorar los rendimientos actuales.

### 7.1 PRICING (FIJACIÓN DE PRECIOS)

El pricing forma parte de las denominadas 4 P del Marketing, las cuales se refieren a Producto, Promoción, Plaza y Precio (Pricing). Estas se deben determinar al momento en que se desea crear un producto, pues supone son factores de relevancia para la venta o compra del mismo.

Pricing, en particular, es el proceso manual o automático de la aplicación de los precios de compra y órdenes de ventas, sobre la base de factores tales como: una cantidad fija, una promoción o la campaña de ventas, entre muchos otros.

Por lo anterior el pricing es importante, puesto que no todos los clientes son iguales y su disposición a pagar tampoco, eso explica el hecho de deber adaptar el precio según la circunstancia y momento. De las variables de marketing, el precio es una de las principales que tiene un impacto directo en la rentabilidad de la empresa junto con la publicidad, los costos, entre otros.

Es por esto, y con el fin de obtener el mayor excedente del cliente, es que el pricing, junto con otros atributos del marketing, ha cobrado gran importancia, ya que en la actualidad los márgenes son cada vez más reducidos y la competencia es alta, en particular en un mercado como el chileno en donde los participantes son pocos.

### 7.2 MODELOS DE OPTIMIZACIÓN

Para optimizar existen diferentes criterios de uso con el fin de mejorar los rendimientos. Es por ello que a continuación se dará una breve definición de algunos de estos criterios.

### 7.2.1 Maximización de Ingresos

El problema consiste básicamente en la resolución de un problema de optimización, el cual busca determinar los precios de manera de maximizar los ingresos. El modelo básico de maximización queda expresado de la siguiente forma:

**Ecuación 1: Ecuación a maximizar de ingresos.**

$$I_T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^T p_{ij} \min(c_{ij}, d_{ij})$$

Donde:

$I_T$ : ingreso total del horizonte de tiempo.

$p_{ij}$ : precio del producto  $i$  en el período  $j$ .

$c_{ij}$ : inventario del producto  $i$  en el período  $j$ .

$d_{ij}$ : demanda del producto  $i$  en el período  $j$ .

La ecuación anterior pretende mostrar que lo que se busca es maximizar el ingreso ( $p \cdot q$ ) restringido a un stock de productos limitados, que debe actualizarse cada período.

Uno de los puntos a resolver y determinar de la ecuación anterior es la demanda estimada para cada producto, en cada periodo.

Es este modelo de optimización el que se utilizará para este trabajo puesto es el único con el cual, dada la información existente, se pueden obtener los datos necesarios para la resolución del problema.

## 7.3 MODELOS DE ESTIMACIÓN DE DEMANDA

### 7.3.1 Regresión Lineal

Consiste en una forma simple y efectiva para estimar demanda en base a datos transaccionales. Para esto se plantea un modelo de la siguiente forma:

**Ecuación 2: Modelo demanda Regresión Lineal.**

$$d_i = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \beta_{ki} x_{ki}$$

Donde:

$d_i$ : corresponde a la demanda del producto  $i$ .

$\beta_{ki}$ : coeficiente  $k$  de las variables de entrada del producto  $i$ .

$x_{ki}$ : variables de entrada  $k$  del producto  $i$ .

Para esto se deben evaluar diferentes variables a ingresar al modelo, entre estas se pueden encontrar.

- Precio.
- % variación precio.
- Período del horizonte de planeación.
- Dummies explicativas fechas especiales, entre otras.

### 7.3.2 Modelo Estimación de Demanda para Productos Tecnológicos [15]

Este modelo se encuentra descrito en la memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial “Metodología de Estimación de Demanda para Productos Tecnológicos” de autoría de Cristián Morales Olabarría.

El modelo es desarrollado para determinar la demanda de productos tecnológicos, en particular el caso de los celulares. Para esto se plantea utilizar como base el Modelo de Bass, para luego agregar efectos correspondientes a las variables consideradas para este tipo de productos. Como en este caso sólo se plantea la estimación de la demanda, se debe agregar el problema de optimización, para esto se puede utilizar el planteamiento de la .

#### **Modelo de Bass**

Bass (Bass 1969) propuso un modelo de difusión para estimar el volumen de ventas para nuevos productos. Este se basa en la existencia de cinco clases de adoptadores, dependiendo de la rapidez de adopción de la nueva tecnología. Para su formulación matemática, Bass asume que existen innovadores e imitadores, donde estos últimos agrupan a los 4 grupos de más lento tiempo de adopción. Los imitadores, a diferencia de los innovadores, están influenciados en el tiempo de adopción por las decisiones de otros miembros del sistema social. La premisa básica que caracteriza la teoría de Bass se define como sigue: “la probabilidad de que una compra inicial se haga en el tiempo, dado que no se han realizado previas compras, es una función lineal del número de previos compradores”. Entonces,

#### **Ecuación 3: Modelo de Bass.**

$$P(t) = p + \frac{q}{m} Y(t)$$

Donde  $p$  y  $q/m$  son constantes e  $Y(t)$  representa el número de compradores previos. Así de la se obtiene la siguiente ecuación diferencial que captura la dinámica de Bass.

$$\frac{dN_t}{dt} = (p + q/m * N_t)(m - N_t); \quad N_0 = 0$$

Integrando la expresión anterior se obtiene:

$$N_t = m \left[ \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + (q/p)e^{-(p+q)t}} \right]$$

De donde se estima la demanda desagregada como:

$$n_t = N_t - N_{t-1}$$

Donde m representa el mercado potencial ( $N_t \rightarrow m$ ).

### **Modelo de Bass con estacionalidad**

Sea  $\alpha_t$  el parámetro que denota la estacionalidad en el tiempo t. Esto queda caracterizado por la ecuación subyacente al modelo de Bass.

**Ecuación 4: Modelo de Bass con estacionalidad.**

$$\frac{dN_t}{dt} = \left( p + \frac{q}{m} N_t \right) (m - N_t) \alpha_t ; N_0 = 0$$

Integrando análogamente el modelo original, la expresión para la demanda acumulada  $N_t$  se obtiene como:

$$N_t = m \left[ \frac{1 - e^{-(p+q)t} \int_0^t \alpha_\tau d\tau}{1 + (q/p)e^{-(p+q)t} \int_0^t \alpha_\tau d\tau} \right]$$

Si  $\alpha_t = 1$  para todo t, se obtiene la ecuación original de Bass y la expresión  $\int_0^t \alpha_\tau d\tau$  reemplaza a la variable tiempo t en el modelo original.

También se han desarrollado modificaciones al modelo de Bass para incorporar variables de marketing.

### **Modelo general de Bass modificado**

**Ecuación 5: Modelo general de Bass modificado.**

$$N_t = m \left[ \frac{1 - e^{-(p+q)t} \int_0^t x_\tau d\tau}{1 + (q/p)e^{-(p+q)t} \int_0^t x_\tau d\tau} \right]$$

Donde  $x_t$  representa el esfuerzo de marketing en t, que está dado por las variables de marketing como son el precio y la publicidad. Dado que la publicidad u otras variables de marketing son difíciles de medir, se considera  $x_t$  como función del precio.

$$x_t = k + \beta \frac{Pr_t'}{Pr_t}$$

Donde  $Pr_t$  es el precio en t,  $Pr'_t$  es el cambio de precio en t y k es una constante positiva que refleja el impacto del precio absoluto.

### **Modelo Estimación de Demanda para Productos Tecnológicos**

En base a los modelos de Bass anteriores se formula el siguiente modelo, el cual presenta un buen ajuste para productos tecnológicos.

**Ecuación 6: Modelo estimación de demanda para productos tecnológicos.**

$$H_{it} = \sum_{\tau=S_i}^t \alpha_{\tau}$$

$$x_{it} = \beta \left( \frac{P_{it} - P_{Si}}{P_{Si}} \right)$$

$$n_{it} = \begin{cases} (N_{it} - N_{it-1})e^{x_{it}} & \text{si } N_{it} - N_{it-1} \geq 0 \\ 0 & \sim \end{cases}$$

## **7.4 MÉTODOS DE RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

### **7.4.1 Programación Dinámica**

La programación dinámica es un paradigma de algoritmos muy poderosos en el cual un problema es resuelto identificando un conjunto de sub problemas y abordándolos uno a la vez, los más pequeños primero, usando las respuestas de los más pequeños como ayuda en la resolución de los más grandes, hasta que todo el conjunto sea resuelto. En programación dinámica no estamos dando una DAG<sup>3</sup>; la DAG es implícita. Sus nodos son los sub problemas que definimos, y sus bordes son las dependencias entre los sub problemas: Si para resolver el sub problema B necesitamos la solución del sub problema A, entonces existe una frontera (conceptual) de A a B. En este caso, A es considerado un sub problema menor que B y siempre será más pequeño.

Existen dos tipos de programación dinámica: Determinística y Estocástica. A continuación se entrega una breve descripción del planteamiento de resolución de estas.

En el proceso de resolución del problema es básico definir atributos como: variables de estado, variables de decisión, variable aleatoria (en el caso estocástico), condiciones de borde, función a minimizar (maximizar) según corresponda, y en algunos casos un función de recurrencia.

---

<sup>3</sup> En matemáticas, un grafo acíclico dirigido (comúnmente abreviado como DAG), es un grafo dirigido sin ciclos. Es decir, está formado por un conjunto de vértices y aristas dirigidas, con cada borde de conexión de un vértice a otro, de modo que no hay manera de empezar en algún vértice v, y seguir una secuencia de aristas que eventualmente haga un loop de nuevo a v.

#### 7.4.2 Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de retail [4]

Este modelo de resolución para problemas de pricing para productos perecibles fue planteado por los académicos Susana Mondschein, René Caldentey y Gabriel Bitrán en la publicación “Coordinating Clearance Markdown Sales of Seasonal Products in Retail Chain”.

En este documento se plantea un modelo de fijación de precios para una cadena de retail que vende productos estacionales en varias tiendas durante un horizonte de planificación fijo. La cadena de retail fija el precio en cada periodo de acuerdo a los niveles de inventario y el tiempo restante hasta el fin del horizonte de planificación. Los precios son los mismos en todas las tiendas para un producto dado.

El proceso de compra es el resultado de un proceso de llegada y una distribución de precio de reserva. Se describe el proceso de llegada por una distribución de Poisson con una tasa de llegada dependiente del tiempo. Por lo tanto, el flujo de consumidores en la tienda varía con el tiempo.

En el anterior documento mencionado se plantean 2 posibilidades de manejo de inventario, uno en que los inventarios entre las tiendas son transferibles, y otro caso en que esta situación no es permitida. Para el caso de esta memoria se abordará sólo esta última opción.

En base a la anterior información se introduce la siguiente notación:

- $T$ = Largo del horizonte de planificación.
- $K$ = Número de veces que el precio puede ser modificado durante el horizonte de planificación.
- $k$ = Índice que denota el  $k$ -ésimo periodo durante el horizonte de planificación (se cuentan los periodos en el horizonte de planificación cuenta atrás, es decir, 1 es el último periodo).
- $T_k$ = largo del  $k$ -ésimo intervalo de tiempo donde el precio se mantiene sin cambios,  $k = 1, \dots, K$  y  $\sum_{k=1}^K T_k = T$ .
- $n$ = número total de tiendas que pertenecen a la cadena de Retail.
- $\lambda_{ik}$ = tasa de llegada de los consumidores en la tienda  $i$  en el periodo  $k$ ,  $i=1, \dots, n$  y  $k = 1, \dots, K$ .
- $F_{ik}(p)$  = función distribución acumulada para el precio de reserva en la tienda  $i$  en el periodo  $k$ ,  $i = 1, \dots, n$  y  $k = 1, \dots, K$ .
- $D_k(p)$ = vector demanda en el periodo  $k$  cuando el precio es igual a  $p$ . ( el elemento  $D_{ik}(p)$  corresponde a la demanda en la tienda  $i$  al precio  $p$  en el periodo  $k$ ).
- $C_{ik}$ = número total de unidades en inventario en la tienda  $i$  en el comienzo del periodo  $k$ .

- $V_k(c_{1k}, \dots, c_{nk})$  = total de ingresos previstos del período  $k$  al final del horizonte de planeación si en el periodo  $k$  el inventario inicial en la tienda  $i$  es  $c_{ik}$ ,  $\forall i = 1, \dots, n, \forall k = 1, \dots, K$ , cuando la política óptima de fijación de precios es implementada.

**Modelo sin transferencias de inventarios permitidas.**

Este modelo contempla que entre las diferentes tiendas no existe la posibilidad de transferir productos a causa de falta de stock o sobre stock, por lo que se debe tener en consideración que los inventarios de cada son independientes el uno del otro.

Al comienzo del periodo, se toma la decisión de fijar los precios tomando en cuenta el inventario inicial, el precio se mantiene constante durante ese periodo y es el mismo en todas las tiendas. Dada esta decisión, el proceso de compra se observa y, por último, los inventarios se actualizan al final del periodo de acuerdo a las ventas.

De esta forma el modelo puede ser escrito como:

**Ecuación 7: Modelo optimización.**

$$V_k(c_{1k}, \dots, c_{nk}) = \max_{p \geq 0} \sum_{j_1=0}^{\infty} \dots \sum_{j_n=0}^{\infty} [p(\min(c_{1k}, j_1) + \dots + \min(c_{nk}, j_n)) + V_{k-1}(c_{1k} - \min(c_{1k}, j_1), \dots, c_{nk} - \min(c_{nk}, j_n))] \Pr(D_k(p) = j_1, \dots, j_n)$$

Condiciones de borde:

$$V_k(0, \dots, 0) = 0, \quad \forall k = 1, \dots, K.$$

$$V_0(c_{10}, \dots, c_{n0}) = 0, \quad \forall c_{10}, \dots, c_{n0}$$

La primera condición dice que si existe inventario 0 en toda la cadena, sea el periodo que sea, el ingreso es 0. La segunda indica que en el periodo  $k=0$  los ingresos son nulos.

En este modelo,  $\Pr(D_k(p) = (j_1, \dots, j_n))$  corresponde a la probabilidad conjunta de que los clientes están dispuestos a comprar al precio  $p$  en el periodo  $k$  en las tiendas  $1, \dots, n$ , respectivamente. Dado el proceso de llegada de Poisson con parámetros  $\lambda_{ik}$  para la tienda  $i$  en el periodo  $k$  y su correspondiente precio de reserva, la distribución de probabilidad  $F_{ik}(p)$ , la función de probabilidad conjunta para la demanda es igual a:

$$\Pr(D_k(p) = j_1, \dots, j_n) = \prod_{i=1}^n \frac{(\lambda_{ik} T_k (1 - F_{ik}(p)))^{j_i} e^{-\lambda_{ik} T_k (1 - F_{ik}(p))}}{j_i!}$$

Esta distribución conjunta asume que la función de demanda es independiente entre las tiendas.

Debido a la complejidad de los algoritmos a resolver, se plantean diversas heurísticas de optimización las cuales se explicarán a continuación

### ***Heurística***

Si se considera una cadena de retail con n tiendas con un inventario inicial de  $c_1, \dots, c_n$  en las tiendas 1, ..., n respectivamente, entonces la dimensión de estados es igual a  $[\prod_1^n c_i]$  para cada periodo del horizonte de planificación.

### **Heurística 1: HEUR1**

En cada período cuando los precios son revisados, esta heurística asume que el precio no será modificado en el tiempo restante del horizonte de planificación, es decir, hay una agregación de tiempo. Por lo tanto, dado el inventario de cada tienda ( $c_{1k}, \dots, c_{nk}$ ), el precio al comienzo del periodo k es determinado por resolver el siguiente problema:

$$VH1(c_{1k}, \dots, c_{nk}, H^k) = \max_{p \geq 0} [VH1(c_{1k}, \dots, c_{nk}, p, H^k)],$$

Donde  $H^k = \sum_{l=1}^k T_l$ , y

$$VH1(c_{1k}, \dots, c_{nk}, p, H^k) = \sum_{i=1}^n \sum_{j_i=0}^{\infty} p \min(c_{ik}, j_i) Pr(\widehat{D}_{ik}(p) = j_i)$$

La distribución de probabilidad para la demanda agregada corresponde a:

$$Pr(\widehat{D}_{ik}(p) = j_i) = \frac{[\widehat{\lambda}_{ik}(p)]^{j_i} e^{-\widehat{\lambda}_{ik}(p)}}{j_i!}$$

Con  $\widehat{\lambda}_{ik}(p) = \sum_{l=1}^k \lambda_{il} T_l (1 - F_{il}(p))$

Así, al comienzo de cada período k, y en el horizonte de planeación, es necesario resolver un problema no lineal, donde la variable de decisión es el precio para el periodo k. Para este propósito, se usa el algoritmo de Fibonacci.

### **Heurística 2: HEUR2**

Esta heurística difiere de la HEUR1 sólo en el procedimiento para computar el total de ingresos esperados en el resto del horizonte de planificación; HEUR2 considera una aproximación del total de ventas esperadas.

Para un periodo dado k considerando el tiempo restante hasta el final del horizonte de planificación,  $H^k$ , el número esperado de consumidores que solicitan

el producto al precio  $p$  es igual a  $\hat{\lambda}_{ik}(p)$ . Por lo tanto, se aproxima las ventas esperadas en la tienda  $i$  por:

$$\hat{N}_i(c_{ik}, p, H^k) = \min[c_{ik}, \hat{\lambda}_{ik}(p)]$$

Se determina el precio al comienzo del periodo  $k$  por la resolución del problema de maximización:

$$VH2(c_{1k}, \dots, c_{nk}, H^k) = \max_{p \geq 0} \left( p \sum_{i=1}^n \hat{N}_i(c_{ik}, p, H^k) \right)$$

Similar a HEUR1, se aplica la HEUR2 en el horizonte de planeación.

### **Heurística 3: HEUR3**

Esta heurística está basada en una combinación de las dos anteriores. Se asume que el horizonte de planeación es dividido en 2 periodos: el primer periodo corresponde al actual periodo de largo  $T_k$ , y el segundo corresponde a la agregación de los periodos restantes ( $H^{k-1}$ ). Primero se considera una aproximación del número esperado de ventas durante el primer periodo al precio  $p$  dado, el cual es usado para actualizar el inventario disponible para el segundo periodo agregado. Entonces, los ingresos esperados para el segundo periodo agregado son computados usando la HEUR2. Finalmente, el precio inicial para el periodo  $k$  es computado para maximizar los ingresos esperados para el periodo actual más los ingresos esperados para los periodos restantes. Se nota que los ingresos esperados para el segundo periodo dependen del actual precio a través de los inventarios iniciales para ese periodo.

Se determina el precio al comienzo del periodo  $k$  como sigue.

PASO 1. Dado un precio  $p$  se aproxima el número esperado de ventas en la tienda  $i$  en el periodo  $k$  por:

$$N_i(c_{ik}, p, T_k) = \min[c_{ik}, \lambda_{ik} T_k (1 - F_{ik}(p))]$$

PASO 2. Se determina el inventario disponible al final del periodo  $k$  como una función del número de ventas dadas en el Paso 1.

$$I_{ik}(p) = c_{ik} - N_i(c_{ik}, p, T_k)$$

PASO 3. Se determina el total de ingresos esperados del periodo  $k-1$  hacia adelante usando HEUR2 con los inventarios iniciales iguales a  $I_{1k}(p), \dots, I_{nk}(p)$  para las tiendas  $1, \dots, n$  respectivamente; se llama a este total de ingresos esperados  $VH2(I_{1k}(p), \dots, I_{nk}(p), H^{k-1})$ .

PASO 4. Se computa el total esperado de ingresos como los ingresos inmediatos esperados en el periodo k dado por la heurística HEUR1 más los ingresos esperados del periodo k-1 hacia adelante obtenidos en el Paso 3. Se llama a este total de ingresos esperados  $VH3(c_{1k}, \dots, c_{nk}, p, H^k)$ .

$$VH3(c_{1k}, \dots, c_{nk}, p, H^k) = VH1(c_{1k}, \dots, c_{nk}, p, T_k) + VH2(I_{1k}(p), \dots, I_{nk}(p), H^{k-1})$$

PASO 5. Finalmente, se determina el precio al comienzo del periodo k resolviendo:

$$VH3(c_{1k}, \dots, c_{nk}, H^k) = \max_{p \geq 0} [VH3(c_{1k}, \dots, c_{nk}, p, H^k)]$$

Para el último periodo, esta heurística coincide con HEUR1, y solo el Paso 4 y 5 deben ser considerados.

### 7.4.3 Modelo de fijación de precios e inventarios iniciales en la industria del retail [12]

Este modelo se encuentra en el documento de autoría de Gabriel Bitrán y Susana Mondschein, cuyo nombre es “Pricing Perishable products: an application to the retail industry”.

En éste inicialmente se presenta un modelo de tiempo continuo para el caso de una sola tienda, donde los vendedores enfrentan una llegada estocástica de consumidores con diferentes valoraciones del producto. Así se caracteriza la política óptima de fijación de precios como función del tiempo y el inventario. Este modelo además se extiende a considerar un caso más realista con revisiones periódicas de precios.

En el segundo modelo se generaliza al caso de una cadena de retail, con múltiples tiendas orientada a diferentes segmentos del mercado. Para este se desarrolla una heurística para resolver problemas de tamaño real.

#### **Modelo para una sola tienda**

Para este caso se asume un proceso de llegada de potenciales clientes a la tienda como un proceso de Poisson con una tasa de llegada que es función de los patrones de compra general. Se considera una tasa de llegada constante durante la estación de venta. La formulación matemática y los algoritmos para encontrar las soluciones óptimas son también aplicables al caso de un tiempo dependiente de una tasa de llegada dependiente del tiempo, los cuales podrían representar los efectos de una promoción específica durante la estación.

La población de potenciales consumidores es caracterizada por el precio de reserva, es decir, el máximo precio que está dispuesto a pagar por el producto. Se considera que el vendedor solo conoce la distribución de probabilidad del precio de reserva del consumidor. Se enfrentan al trade-off de perder un consumidor

debido al alto precio y perder el margen entre el precio de reserva y el precio del producto debido al bajo precio. En consecuencia al comienzo de cada periodo el vendedor tiene que decidir el precio del producto que maximiza el ingreso del periodo de planificación, dado el inventario actual y la distribución de probabilidad del proceso de llegada y el precio de reserva.

A continuación se presentarán dos modelos, el primero determina el precio óptimo para un bien perecible donde todos los precios son permitidos, es decir, precios pueden decrecer o crecer arbitrariamente durante el horizonte de planificación. El segundo modelo incorpora revisiones periódicas de precio donde el vendedor puede modificar en una base periódica.

A continuación se presenta la notación a utilizar:

- $\lambda$ : Tasa de llegada de consumidores por unidad de tiempo.
- $C$ : Inventario al comienzo del horizonte de planificación.
- $L$ : largo del horizonte de planificación.
- $f(x)$ : Función densidad de probabilidad para el precio de reserva.
- $F(x)$ : función distribución acumulada para el precio de reserva.

### ***Modelo de tiempo continuo***

Se considera que el precio es actualizado, para todos los propósitos, continuamente durante el horizonte de planeación. Para esto el horizonte se divide en intervalos de tiempo suficientemente pequeño tal que al menos una llegada ocurra en cada periodo. En el límite, cuando estos intervalos tienden a cero, se obtiene la formulación a tiempo continuo.

La función  $V_t(c)$  corresponde al ingreso máximo esperado si la tienda empieza con  $c$  unidades en el periodo  $t$ . Se debe considerar que los periodos se cuentan hacia atrás, es decir, 1 es el último periodo.

Se define  $\Delta t$  como el intervalo de tiempo de que una llegada ocurra. El número total de periodos durante el horizonte de planeación es igual a  $T = L/\Delta t$ . El modelo matemático está dado por la siguiente formulación de programación dinámica estocástica.

#### **Ecuación 8: Programación Dinámica Estocástica.**

$$V_t(c) = \max_{p \geq 0} \left\{ \lambda \Delta t (1 - F(p)) (p + V_{t-1}(c - 1)) + (1 - \lambda \Delta t (1 - F(p))) V_{t-1}(c) \right\}$$

Condiciones de borde:

- $V_t(0) = 0 \quad \forall t$
- $V_0(c) = 0 \quad \forall c$

Las siguientes dos proposiciones caracterizan la política óptima de precios.

### **Proposición 1**

Para un periodo dado de tiempo, el precio óptimo es una función no incremental del inventario.

$$p_{t,c} \geq p_{t,c+1} \quad \forall t, c$$

### **Proposición 2**

Para un inventario dado, el precio óptimo es no incremental en función del tiempo.

$$p_{t,c} \geq p_{t-1,c}$$

Luego se derivan las útiles condiciones de primer orden para la formulación dinámica estocástica descrita anteriormente. Primero se considera el caso de un solo periodo, donde el vendedor debe fijar el precio de un bien, y habrá al menos un comprador y el bien perecible después de un periodo.

Para que  $p$  sea el precio óptimo este debe ser el caso que la ganancia y la pérdida por un cambio pequeño en el precio sea el mismo. Esto sigue como:

$$pf(p) = 1 - F(p)$$

En el caso de múltiples tiendas el beneficio asociado a incrementar el precio queda inalterable. Entonces, la condición de primer orden en el caso general queda dado por:

$$[p - (V_{t-1}(c) - V_{t-1}(c - 1))]f(p) = 1 - F(p)$$

La política óptima de precio puede ser resuelta resolviendo la ecuación no lineal anterior. Los resultados anteriores se pueden resumir en la siguiente proposición:

### **Proposición 3**

Asumiendo que el precio de reserva puede ser descrito por una distribución acumulada diferenciable apoyada por la línea real positiva, una condición necesaria para el precio  $p$  sea óptimo al tiempo  $t$  dado un inventario  $c$  corresponde a:

$$p = \frac{1 - F(p)}{f(p)} + V_{t-1}(c) - V_{t-1}(c - 1)$$

Si la función  $(1 - F(p))^2 / f(p)$  es decreciente en  $p$ , entonces la condición de primer orden descrita anteriormente tiene solución única y corresponde al precio óptimo.

Existen diversas funciones densidad de probabilidad para las cuales se cumple la proposición 3. Las más comunes utilizadas son la distribución exponencial y Weibull ( $k \geq 1$ ).

El modelo tiene la propiedad que la política óptima de precio es constante en el horizonte de planeación cuando la capacidad de inventario es suficientemente grande. Si el horizonte de planeación es dividido en T periodos, entonces el número total de requerimientos es limitado por T. Así para cualquier inventario inicial grande o igual a T, la solución óptima puede ser encontrada resolviendo el problema para un solo periodo dado por:

$$\max_{p \geq 0} \{ \lambda \Delta t (1 - F(p)) p \}$$

### **Revisión periódica de precios**

En este se extiende el modelo básico incorporando revisiones periódicas de los precios, donde los precios son modificados a intervalos de tiempo discretos.

Se define la función  $VP_k(c)$  como el ingreso máximo esperado desde el periodo k en adelante si el inventario inicial es c, la formulación matemática está dada por:

#### **Ecuación 9: Modelo con revisiones periódicas de los precios.**

$$VP_k(c) = \max_{p \geq 0} \left\{ \sum_{j=0}^{\infty} [\min(c, j) p + VP_{k-1}(c - \min(c, j))] Pr\{j_k(p) = j\} \right\}$$

Condiciones de borde:

- $VP_k(0) = 0 \quad \forall k$
- $VP_0(c) = 0 \quad \forall c$

En la Ecuación 9,  $j_k(p)$  denota la variable random que representa el número potencial de ventas en el periodo k si el precio es p. Esta función de masa de probabilidad está dada por:

#### **Ecuación 10: Número de ventas en el periodo k dado un precio p.**

$$Pr\{j_k(p) = j\} = \sum_{n=j}^{\infty} \left( \frac{n!}{j!(n-j)!} \right) (1 - F(p))^j (F(p))^{n-j} \frac{e^{-\lambda \Delta T_k} (\lambda \Delta T_k)^n}{n!}$$

Si se considera el proceso de llegada de los consumidores los cuales entran a la tienda y cuyo precio de reserva<sup>4</sup> es mayor o igual al precio en la tienda en ese momento se puede ver como un proceso no homogéneo de Poisson con tasas de llegada iguales a  $\lambda(p) = \lambda(1 - F(p))$  y realizando manipulación algebraica el modelo anterior se puede reescribir como sigue:

#### **Ecuación 11: Modelo con revisiones periódicas de los precios.**

---

<sup>4</sup> El precio de reserva de un consumidor es el precio al cual estaría completamente indiferente entre adquirir o no adquirir el bien[16].

$$VP_k(c) = \max_{p \geq 0} p e^{-\lambda(p) \Delta T_k} \sum_{j=1}^c (\lambda(p) \Delta T_k)^j \frac{(j-c)}{j!} + pc(1 - e^{-\lambda(p) \Delta T_k})$$

$$+ \sum_{j=0}^c VP_k(c-j) e^{-\lambda(p) \Delta T_k} \frac{(\lambda(p) \Delta T_k)^j}{j!}$$

Esta formulación de programación dinámica es resuelta hacia atrás en el tiempo. Para cada estado y capacidad inicial es necesario resolver un problema de optimización no lineal unidimensional. En general en experimentos computacionales para resolver problemas no lineales se utiliza el algoritmo de Fibonacci.

### ***Inventario óptimo inicial***

El modelo presentado en las secciones anteriores también permite determinar el inventario inicial óptimo que el vendedor debe tener para maximizar los ingresos esperados. El inventario óptimo inicial  $C^*$  puede ser encontrado resolviendo:

$$Z = \max_{C \in \mathbb{Z}^+} \{V_T(C) - gC\}$$

Donde  $g$  es el costo unitario de un bien. El inventario inicial óptimo es definido como el inventario tal que el incremento marginal de la función  $V_T(C)$  es igual al costo de la unidad del bien.

$$V_T(C^*) - V_T(C^* - 1) \geq g \geq V_T(C^* + 1) - V_T(C^*)$$

De esta forma resolviendo el problema de programación dinámica, también se puede determinar el inventario inicial óptimo.

### ***Modelo para múltiples tiendas***

Ahora se considera el caso de una compañía que puede hacer discriminación de precios, es decir, el mismo producto, en diferentes salas, puede ser vendido a diferentes precios. Se tiene que cada sala tiene su propio inventario. A continuación se determinará el modelo para el caso de 2 tiendas, pero se puede generalizar para múltiples tiendas.

Se debe agregar notación adicional.

- $\lambda_i$ : tasa de llegada de los consumidores en la tienda  $i$ ,  $i=1,2$ .
- $(c_k^1, c_k^2)$ : inventario al final del periodo  $k$  en las tiendas 1 y 2 respectivamente.
- $I_k^i$ : Inventario al inicio del periodo  $k$  en la tienda  $i$  después del ajuste de inventarios,  $i=1,2$ .
- $v$ : costo unitario por traslado de productos.

- $z_k$ : número de unidades trasladadas desde una tienda a otra en el periodo k.
- $j_{ik}(p)$ : variable random que representa el número de potenciales compradores en la tienda si el precio es igual a p durante el periodo k.
- $F_i(p)$ : función densidad acumulada para el precio de reserva en la tienda i,  $i=1,2$ .
- $VP_k(c_{k+1}^1, c_{k+1}^2)$ : máximo ingreso esperado desde el periodo k en adelante si la compañía comienza con un inventario igual a  $(c_{k+1}^1, c_{k+1}^2)$ .

La función objetivo está dada por el ingreso esperado inmediato en el periodo k más el ingreso esperado en el periodo k-1 en adelante. Dado el limitado inventario, el número esperado de ventas es el mínimo entre el inventario y el número esperado de compradores. Entonces el modelo tiene la siguiente formulación matemática:

**Ecuación 12: Modelo múltiples tiendas.**

$$VP_k(c_{k+1}^1, c_{k+1}^2) = \max_{p_1, p_2, I_k^1, I_k^2} \left\{ p_1 \sum_{i=0}^{\infty} \min\{i, I_k^1\} Pr\{j_{1k}(p_1) = i\} + p_2 \sum_{i=0}^{\infty} \min\{i, I_k^2\} Pr\{j_{2k}(p_2) = i\} - v z_k + E_{j_{1k}(p_1), j_{2k}(p_2)} [VP_{k-1}(c_k^1, c_k^2)] \right\}$$

Sujeto a:

$$I_k^1 + I_k^2 = c_{k+1}^1 + c_{k+1}^2$$

$$z_k \geq I_k^1 - c_{k+1}^1$$

$$z_k \geq I_k^2 - c_{k+1}^2$$

$$c_k^1 = I_k^1 - \min(I_k^1, j_{1k}(p_1))$$

$$c_k^2 = I_k^2 - \min(I_k^2, j_{2k}(p_2))$$

$$p_1 \geq 0, p_2 \geq 0, I_k^1 \in Z^+, I_k^2 \in Z^+$$

Donde la distribución de probabilidad para  $j_{ik}(p)$  está dado por:

$$Pr\{j_{ik}(p) = j\} = \sum_{n=j}^{\infty} \frac{(1 - F_i(p))^j (F_i(p))^{n-j}}{j! (n-j)!} e^{-\lambda_i \Delta T_k} (\lambda_i \Delta T_k)^n \quad i = 1,2$$

La formulación planteada es difícil de resolver para problemas de tamaño real, para lo cual se presenta la siguiente heurística para resolver el problema para 2 tiendas.

### Descripción de la Heurística: HEUR1

La siguiente heurística determina la política óptima de precios al comienzo del periodo  $k$  si el inventario inicial es igual a  $c_1$  y  $c_2$  en las tiendas 1 y 2 respectivamente.

Paso 0: Inicialización

$$prof = -\infty$$

$$c = c_1 + c_2$$

$$Inv_1 = 0$$

$$Inv_2 = c$$

Paso 1: Resolver problema de programación no lineal de abajo para encontrar los precios óptimos en el periodo  $k$  si el inventario en la tienda 1 y 2 son  $Inv_1$  e  $Inv_2$  respectivamente.

$$D(Inv_1, Inv_2) = \max_{p^1, p^2} \left\{ p^1 \min [N_{\lambda(p^1)}, Inv_1] + p^2 \min [N_{\lambda(p^2)}, Inv_2] - v |Inv_1 - c_1| \right\}$$

Sujeto a:

$$p^1 \geq 0, p^2 \geq 0$$

Donde  $\Delta T = \sum_{n=1}^k \Delta T_n$ , y  $N_{\lambda(p^i)}$  es una variable random Poisson con una tasa de llegada  $\lambda(p^i) = \lambda_i \Delta T (1 - F_i(p^i))$ .

Paso 2: Revisar si la solución actual induce una mejora en la función objetivo.

If ( $D(Inv_1, Inv_2) > prof$ ) entonces

$$I_1 = Inv_1, I_2 = c - Inv_1$$

$$p_k^1 = p^1, p_k^2 = p^2$$

Terminar si

$$Inv_1 = Inv_1 + 1, Inv_2 = Inv_2 - 1$$

Si ( $Inv_1 \leq c$ ) se vuelve al paso 1.

Paso 3: Parar: los precios en el periodo k en las tiendas 1 y 2 son  $p_k^1$  y  $p_k^2$  respectivamente y el inventario inicial son iguales a  $I_1$  e  $I_2$ .

#### **Proposición 4**

La solución del problema siguiente es un límite superior al problema de optimización descrito en esta sección.

$$V_t(c_{t+1}) = \max_{p_1 \geq 0, p_2 \geq 0} \{ \lambda_1 \Delta t (1 - F_1(p_1)) [p_1 + V_{t-1}(c_{t+1} - 1)] \\ + \lambda_2 \Delta t (1 - F_2(p_2)) [p_2 + V_{t-1}(c_{t+1} - 1)] \\ + [1 - \lambda_1 \Delta t (1 - F_1(p_1)) - \lambda_2 \Delta t (1 - F_2(p_2))] V_{t-1}(c_{t+1}) \}$$

Donde  $c_{t+1} = c_{t+1}^1 + c_{t+1}^2$ .

La formulación de límite superior es resuelto usando la misma aproximación usada para el modelo de una tienda: primero se resuelve las condiciones de primer orden para la estrategia de precios óptimos hacia atrás en el tiempo. Esta condición está dada por:

$$p_{c,t}^i = H_i^{-1}(p_{c,t}^i) + V_{t-1}(c) - V_{t-1}(c - 1) \quad i = 1,2$$

Se observa que el precio óptimo en la tienda i consiste en dos términos. El primer término,  $H_i^{-1}(p)$ , depende solo de la distribución de probabilidad para el precio de reserva del consumidores de la tienda i-ésima. El segundo término  $V_{t-1}(c) - V_{t-1}(c - 1)$ , toma en cuenta la interacción entre ambas tiendas. El ingreso óptimo esperado depende de la política óptima de precios para ambas tiendas desde el periodo t-1 en adelante, para cualquier capacidad.

## **8 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA**

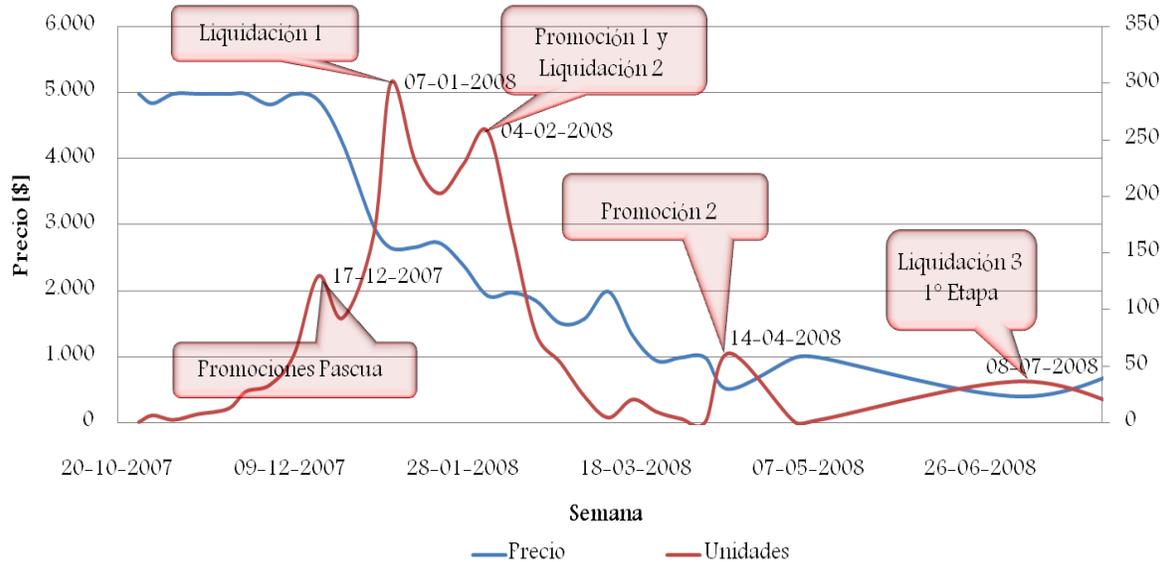
---

### **8.1 IDENTIFICACIÓN MARCO DE ESTUDIO**

#### **8.1.1 Situación Actual**

Al revisar la situación actual a la cual se enfrenta la tienda por departamento, se observa que existe gran competencia en el mercado, lo cual se ve reflejado en la forma en que se manejan los precios de éstas, puesto que gran parte del movimiento de precios sólo corresponde a promociones o liquidaciones realizadas, las cuales en general coinciden con las de la competencia, lo cual impide un manejo adecuado de pricing.

**Figura 5: Precio, ventas y promociones para SKU 467304, TB BIK BAS08OPP-011/LIME/SURT.**



Fuente: *Elaboración Propia.*

La Figura 5 muestra que las ventas se ven fuertemente influenciadas por las promociones y/o liquidaciones realizadas, lo cual dificulta un manejo más detallado y preciso del precio como principal factor de influencia para los consumidores.

De lo anterior se deduce que por lo tanto, los precios de los productos se ven afectados por las promociones y/o liquidaciones, y éstas son competitivas en el mercado, puesto que si una Tienda por Departamento presenta esta clase de incentivos para la compra, sus semejantes realizan las mismos o similares para captar la afluencia de público.

También por medio de un análisis superficial de la situación actual, se pudo observar que los cambios de precios no se dan de forma diaria, por lo tanto se procede a trabajar de forma semanal los datos, puesto que éstos quedan mejor representados de esta forma. Además cabe destacar que las posibles decisiones sobre los precios se analicen de forma semanal y no diaria, dado que es complejo realizar cambios en precios de forma sincronizada para todas las tiendas, y las variaciones de precios por lo general están planificadas con antelación.

### 8.1.2 Revisión Bibliográfica

Durante el proceso de búsqueda de posibles formas de resolución se encontraron trabajos anteriores en que se plantearon soluciones para problemas de pricing dinámico. A continuación se presentan dos memorias en que el problema es resuelto de formas diferentes.

La primera de ellas fue realizada por René Caldentey Morales, con el título de "Políticas de Precios para Bienes Percibibles" [2]. En ella el problema a resolver

consiste en la determinación de precios en un horizonte de tiempo para un producto perecible. El problema se plantea resolver usando un modelo de programación dinámica estocástica, en donde factores que influyen son el tiempo, inventarios y precio fundamentalmente.

Esta metodología se utiliza con datos transaccionales de dos tiendas de una cadena de retail. En ambas tiendas se poseen los mismos productos y los precios son coordinados. La aplicación del modelo mostró que los resultados obtenidos con éste dan un aumento promedio del 30% para el ingreso por ventas. Entre las consideraciones se tomó en cuenta la distribución eficiente de los inventarios entre ambas tiendas, tomando en cuenta que se posee un stock limitado para ambas tiendas.

Otro trabajo revisado fue el desarrollado por Natalia Yankovic Barceló, cuyo título es “Revenue Management en la Industria de Servicio. Política Óptima para un Problema de Arriendos” [5]. El problema que se desea resolver es encontrar una política óptima de precios y decisión para el problema de arrendamiento, en el cual se pretende obtener el mayor beneficio posible, teniendo la consideración de poder responder a la pregunta si arrendar en cierto momento (instantáneo al del ofrecimiento de la oferta) y a qué precio.

Para esto se planteo un problema sencillo el cual consta de decidir con respecto a una sola propiedad a arrendar, definiendo un horizonte de tiempo en el cual puede ser arrendado el lugar, y diferentes periodos en éste en los cuales se pueden recibir ofertas (una oferta por periodo). Así se plantea el uso de programación dinámica para encontrar una buena solución y factible, que maximice los ingresos. Una vez probada esta metodología, se pudo observar que funcionaba bien, sin embargo su consumo en recursos computacionales era alto. Entonces, bajo esta circunstancia se plantea una heurística con la cual se pretende obtener una buena aproximación al resultado óptimo y sin el uso tan intensivo de recursos computacionales. Una vez probada la heurística, se obtuvo que era una buena aproximación pues recuperaba cerca del 98% de las ganancias. Sin embargo se pudo observar que para cuando el arrendamiento excedía los 10 días, se comenzaban a disminuir la calidad de la aproximación al óptimo de la heurística.

De esta forma se observa que no tan solo en problemas de pricing para productos perecibles es necesaria una política de precios adecuados, sino que existen diversos problemas en directa relación con el revenue management en los que el precio es fundamental, y es necesaria la búsqueda de una solución dinámica y activa en el tiempo.

## **8.2 SELECCIÓN DE DATOS**

Esta etapa se realizará tomando en consideración los datos transaccionales de una cadena de tiendas por departamento. Se poseen datos de cada transacción

realizada en los diferentes departamentos presentes en la tienda por departamento, los cuales ya poseen cierta subclasificación según categorías.

Los pasos a seguir serán los siguientes:

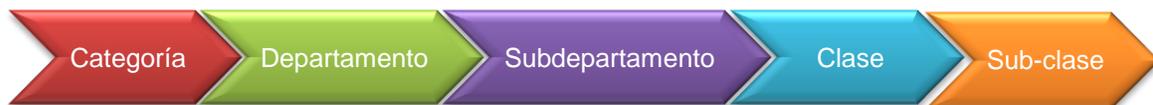
### **Selección de Datos Generales.**

Estos datos corresponden a la totalidad de la cadena de tiendas por departamento. Los datos se tratan en conjunto con el total de tiendas. Para los datos de compras y precios se descuentan aquellas transacciones que correspondan a notas de crédito, devoluciones, etc. sólo se considerarán las ventas positivas.

### **Selección de categorías**

Esta se realizará de forma tal que se consideren solo aquellas categorías que correspondan a productos de moda (artículos perecibles) los cuales deben poseer alta presencia en boletas e ingresos. Además se debe considerar el número de SKU's que maneje la categoría. En el caso de la base de datos de la tienda por departamento con la cual se trabaja, se sabe que esta posee una clasificación propia de los tipos de productos, por lo tanto se utilizará como base para el análisis. Además los datos se encuentran agregados por diferentes tipos de clasificación. Es así que a modo de encontrar el número correcto de SKU's una vez elegido un nivel de agregación, se irá desagregando hasta llegar el nivel requerido.

**Figura 6: Niveles desagregados de clasificación de productos.**



*Fuente: Elaboración Propia.*

### **Selección de productos**

Para que el manejo de una categoría sea posible, es recomendable que ésta posea un número acotado de SKU's. Para el caso de esta memoria se buscarán categorías que posean entre 5000 y 6000 SKU's, puesto que esto corresponde a un número manejable de productos para desarrollar el análisis necesario.

Una vez encontrado el grupo de productos con los cuales se trabajará, se seleccionan un número menor de SKU's para realizar las pruebas del modelo, y de esta forma extenderlo al resto de la categoría.

Como parte del proceso es importante mencionar que los datos se encuentran por transacción, por lo tanto un paso fundamental para el análisis de estos será el cambio y estandarización ya sea a datos diarios o semanales.

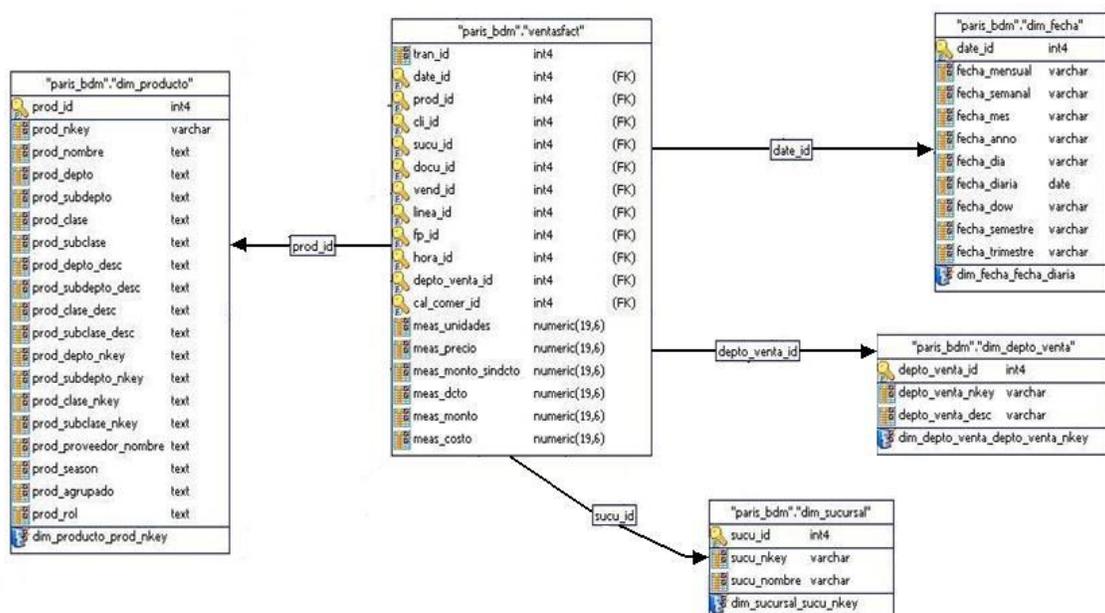
## 8.2.1 Descripción de los Datos

Se disponen con los datos transaccionales desde 01/08/2007 hasta el 31/12/2008 de una Tienda por Departamento. Las tablas de datos que serán utilizadas serán VentasFact, donde se encuentran los datos transaccionales principales, como por ejemplo: el precio de venta, las unidades vendidas, sucursal de venta, id del vendedor, entre otros. Además se utiliza la tabla de Productos, en donde se encuentran las ID de los productos, sus características (descripción, categoría, departamento, etc.)

También se hace referencia a las tablas fecha, sucursal y departamento de venta, pues estas ayudan a determinar cierto grado de conocimiento específico del comportamiento de compra.

La siguiente figura muestra el modelo de datos utilizado, observándose como estas tablas se relacionan.

**Figura 7: Modelo Relacional de Datos.**



Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de datos disponibles.

Tabla 1: Datos disponibles.	
Resumen de Datos	
N° de sucursales	30
N° de categorías	11
N° de Departamentos	74
N° de SKU	1.400.497

Fuente: Elaboración Propia

## 8.2.2 Selección de Datos Generales

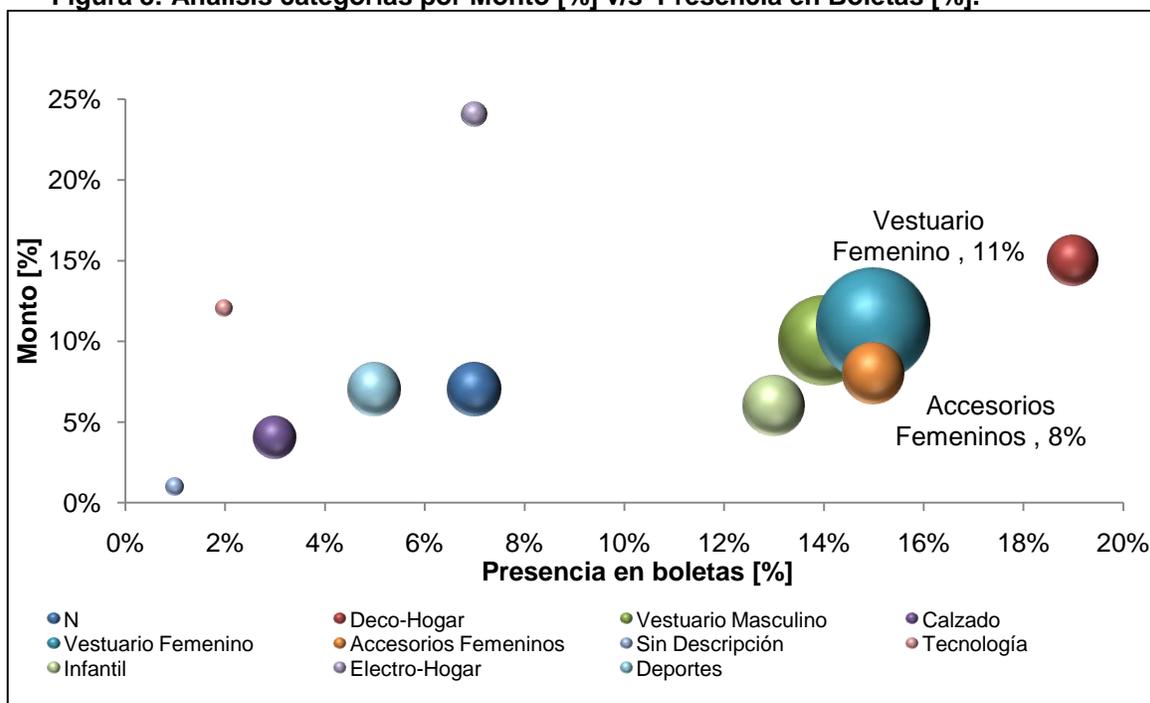
De las tablas antes mencionadas de la base de datos transaccional, los datos que fundamentalmente serán extraídos para el uso en la realización de la memoria son los correspondientes a los ítems precio, monto descuento, monto, id producto, fecha, unidades y descripción del producto.

## 8.2.3 Selección de Categoría

En este caso se utilizará, en base a los datos de transaccionales de la tienda por departamento, y la categoría a seleccionar será buscada entre la calificación que posee la propia tienda para sus productos. De esta manera se presentan, como se mencionó anteriormente, 11 categorías las cuales agrupan el total de productos de la tienda.

El gráfico a continuación muestra la presencia en boleta de las diferentes, junto con el porcentaje del monto total de ingresos que reporta la cadena de tiendas por departamento, y el surtido (número de SKU) está definido por el tamaño de la burbuja.

**Figura 8: Análisis categorías por Monto [%] v/s Presencia en Boletas [%].**



Fuente: Elaboración Propia

De las categorías mostradas anteriormente se deben considerar sólo aquellas que presenten productos de moda (es decir con ciclo de vida finito). Por esto las categorías que presentan principalmente este tipo de comportamiento son: Tecnología, Vestuario Femenino, Vestuario Masculino y Accesorios femeninos.

Al observar el gráfico se puede notar que si bien categorías como accesorios femeninos y vestuario femenino posee el mismo porcentaje de presencia en boletas (15%), el porcentaje del ingreso que representan para la cadena no es el mismo. En base a probar el modelo en una categoría que pudiese lograr mejoras, y a la alta rotación que presentan en general los productos para mujeres en los retailers (los mayores consumidores en el mercado de tiendas por departamento son las mujeres), se decidió elegir la categoría de Accesorios Femeninos.

En esta categoría el surtido es muy alto, presentando 130.752 SKU's distintos, los cuales están desagrupados en distintos departamentos, estos a su vez están desagrupados en subdepartamentos, clases y subclases. Con el fin de poder encontrar un número adecuado de SKU con los cuales poder trabajar, se procedió a desagregar paso a paso la categoría.

A continuación se muestran los diferentes departamentos de la categoría Accesorios Femeninos.

**Tabla 2: Departamentos Categoría Accesorios Femeninos.**

<b>Departamento</b>
Traje De Baños
Corsetería
Medias Y Calcetines
Carteras
Lencería
Accesorios Mujer
Perfumería Selectiva
Perfumería Semiselectiva

*Fuente: Elaboración Propia*

De los departamentos de la tabla anterior, se eligió trabajar con el grupo de Traje de Baños, puesto que este departamento es claramente de connotación estacionaria y corresponde a productos de moda, los cuales a partir de cierto periodo de tiempo, los productos pierden su valor. Este departamento posee 11.679 SKU's diferentes, por lo cual aún siguen siendo una cantidad más alta de la requerida para la formulación del problema. Por lo tanto se desagrega a observar los sub-departamentos de Traje de Baños.

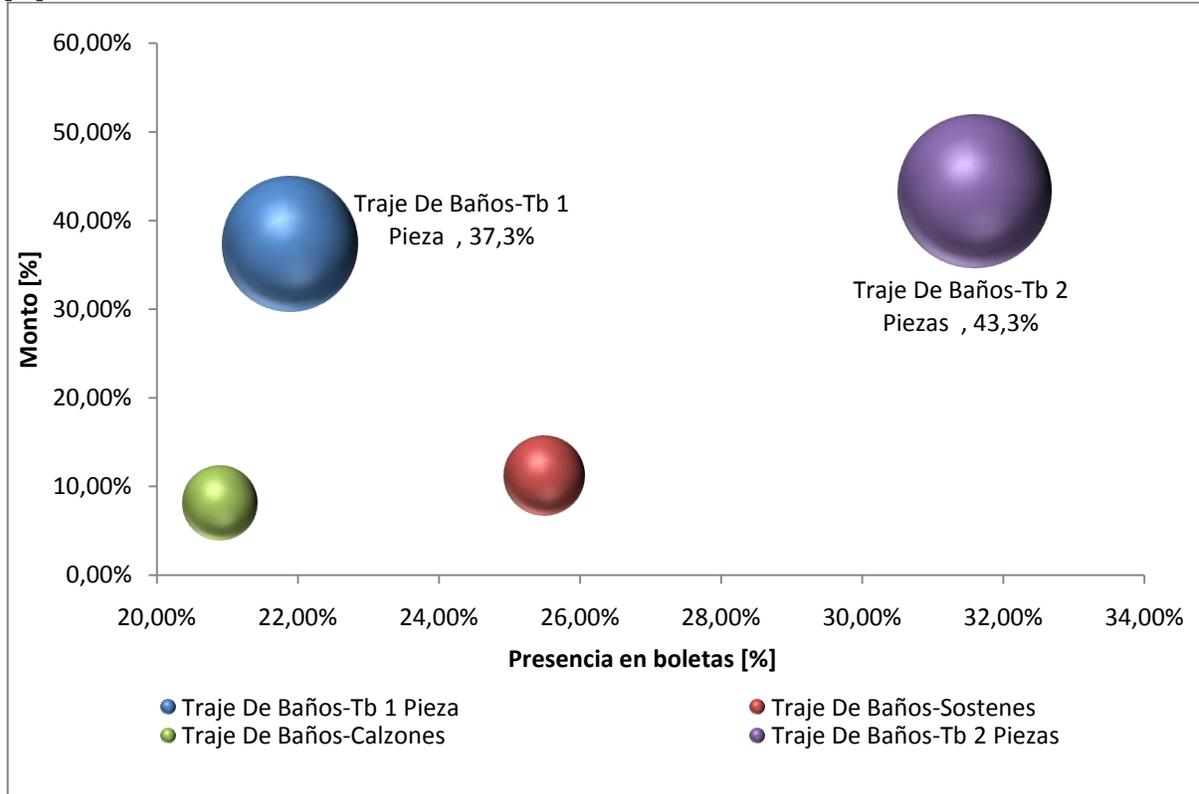
**Tabla 3: Sub-departamentos Traje de Baños.**

<b>Subdepartamento</b>
Traje De Baños-Tb 1 Pieza
Traje De Baños-Sostenes
Traje De Baños-Calzones
Traje De Baños-Tb 2 Piezas

*Fuente: Elaboración Propia*

A continuación se muestra un gráfico con los valores de presencia en boletas y porcentaje de monto que representa cada sub-departamento de total del Departamento Traje de Baños.

**Figura 9: Análisis Departamento Traje de Baños por Monto [%] v/s Presencia en Boletas [%]**



Fuente: Elaboración Propia

Del gráfico anterior se puede obtener que existen 2 sub-departamentos que concentran más del 80% de los ingresos del departamento Traje de baños. Además se observa que tanto traje de baños 1 pieza y 2 piezas tienen un ingreso parecido para el departamento, traje de baño 2 piezas tiene mayor presencia en boletas. Esto podría indicar que los precios no estén de manera correcta fijados, puesto que a pesar de ser un sub-departamento con mayor rotación de productos, los ingresos no son tan altos en comparación a la menor rotación de traje de baños 1 pieza.

Por esto se seleccionó este sub-departamento, el cual posee 5.042 SKU's, lo cual cumple con las características buscadas para la aplicación del modelo. Así se desarrollará el modelo en base a los datos transaccionales de las ventas de productos del sub-departamento de traje de Baños 2 piezas.

## 8.2.4 Selección de Productos

Dado que el sub-departamento posee más de 5000 SKU's se procedió a la elección de 2 de estos para, en primera instancia, evaluar las diferentes metodologías para luego aplicar a todos los productos.

Bajo este criterio se decidió elegir dos tipos de productos, una de precio bajo (promedio) con un alto grado de rotación, y otro de un precio alto promedio y una rotación no tan alta. Ambos aportaban un monto considerable (dada la cantidad de SKU existentes) de los ingresos del sub-departamento. Para ambos se considerarán los datos correspondientes entre 1° de Octubre de 2007 y 30 de Marzo de 2008, las cuales dan un total de 26 semanas a considerar.

De ésta forma se eligieron los siguientes SKU:

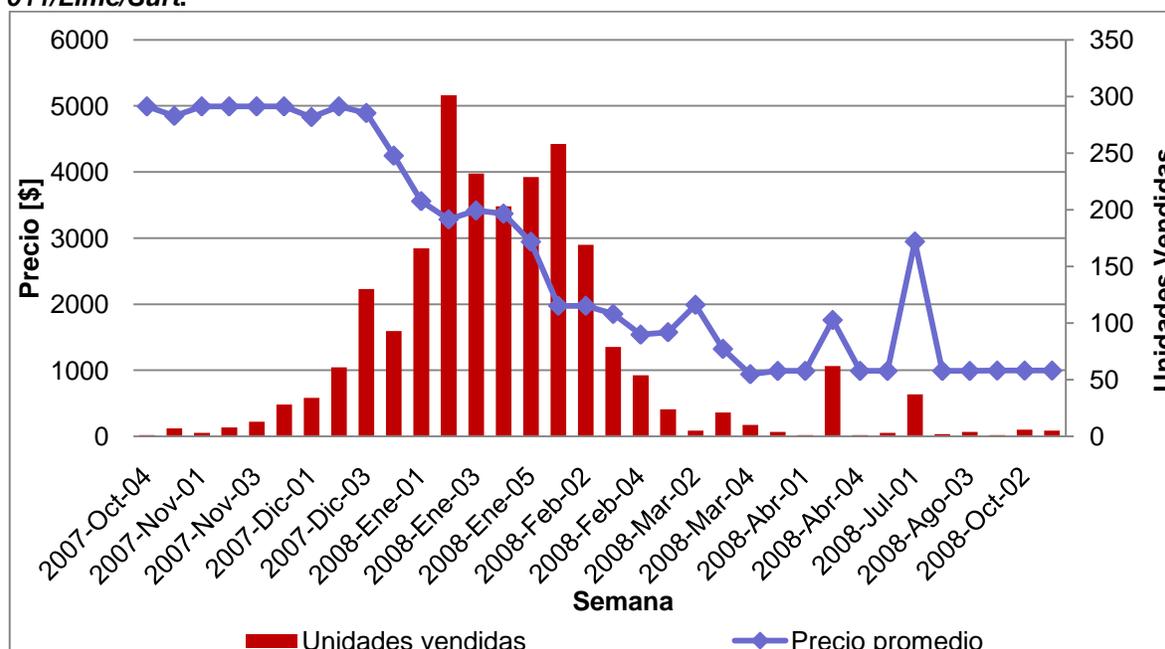
**Tabla 4: Características SKU's seleccionados.**

SKU	Descripción	Unidades vendidas	Ingreso	Precio promedio
467304	TB BIK BAS08OPP-011/LIME/SURT	2.255	6.027.310	2.673
468081	ANIMAL BMA/402 SNAK/CAFE/SURT	966	5.238.771	5.423

*Fuente: Elaboración Propia.*

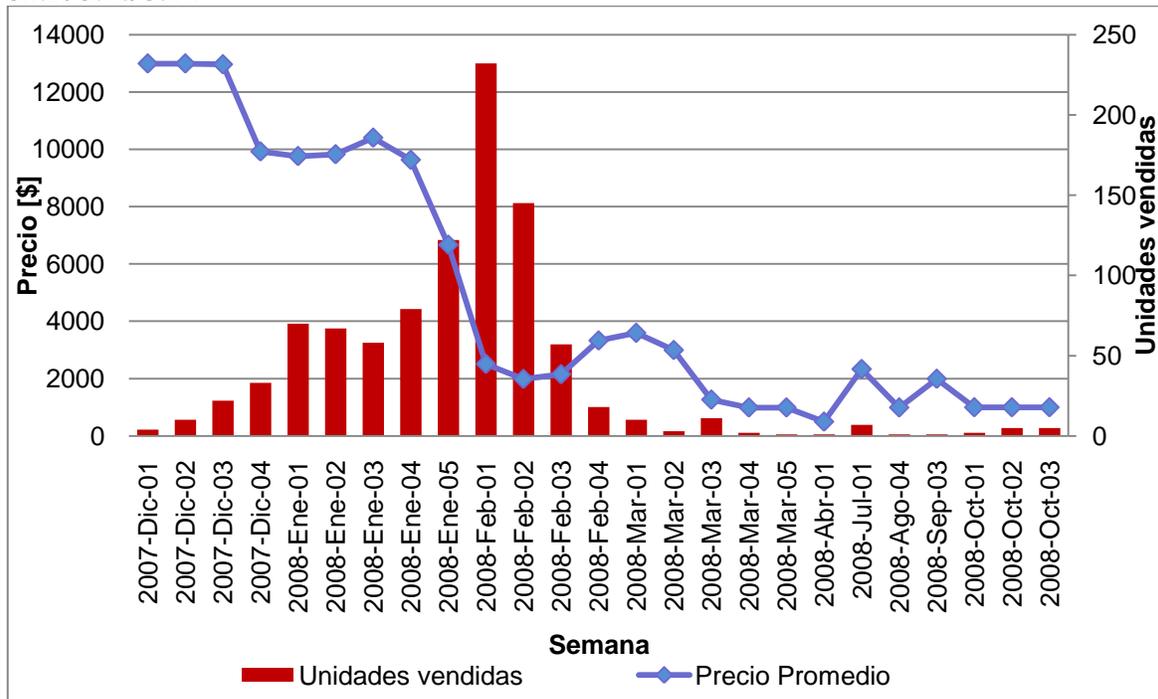
A continuación se presenta la evolución de los precios para ambos SKU's.

**Figura 10: Precio y demanda a nivel semanal SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**



*Fuente: Elaboración Propia*

Figura 11: Precio y demanda a nivel semanal SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.



Fuente: Elaboración Propia

### 8.3 PREPROCESAMIENTO

Una vez seleccionados los productos a analizar, se procede a un acucioso proceso de revisión de los datos. Como primer paso es necesario señalar que los datos utilizados son las ventas de los productos, sin considerar notas de crédito ni devoluciones, por lo tanto todo producto cuya venta haya existido, independiente si luego de esta existió devolución, es considerada como dato transaccional a trabajar. En la Tabla 4 se encuentran resumidos los productos que fueron seleccionados, como se explicó en el capítulo anterior. En esta etapa también es importante especificar los modelos a utilizar, y las adaptaciones realizados a estos para poder trabajar en base a los datos que se poseen.

#### 8.3.1 Datos erróneos

Al realizar las correspondientes observaciones de los datos, se pudo ver que al revisar transacción por transacción, existían datos referentes a los precios de los productos los cuales presentaban aberraciones y errores los cuales provocan distorsión en los datos. Estas se debían principalmente al efecto de las promociones y/o liquidaciones que realizan las multitiendas para lograr así mejorar las ventas.

El error principal correspondía a que las transacciones presentaban precios (monto pagado por el cliente) cuyo valor era \$0. Estos se debían a promociones

llamadas como las “2x1”, las cuales consisten en que se compran dos productos de igual o diferente precio, y si estos presentan el mismo valor, se paga sólo uno, y si presentan distinto valor se paga el de mayor valor.

Para resolver esta distorsión se procedió a analizar las transacciones que presentaban este error y observar con que producto se realizó la promoción, así se definió el ajuste del precio por una regla de 3 de la siguiente forma.

Sea:

- $P_i^{Original}$  : Precio del producto i sin descuento.
- $P_i^{Pagado}$  : Precio pagado por el producto i con descuento.

$$Si P_1^{Original} \geq P_2^{Original}$$

En la transacción se registra que  $P_2^{Pagado} = 0$ , debido a lo cual, para poder corregir los valores \$0 de los productos, se realiza el siguiente ajuste en forma proporcional al valor pagado por el cliente en la transacción:

**Ecuación 13: Regla de cálculo para ajustar precios.**

$$P_2^{Pagado\ ajustado} = \frac{P_2^{Original}}{P_1^{Original} + P_2^{Original}} \cdot P_1^{Pagado}$$

De esta forma se obtiene un  $P_2^{Pagado\ ajustado}$  el cual muestra una aproximación del precio del producto y corrige las distorsiones de los precios. De aquí en adelante se utilizarán los datos con estas correcciones para el cálculo de los parámetros y pruebas de los modelos elegidos.

### 8.3.2 Reformulación Modelo de Resolución Simple (Regresión Lineal)

Para determinar el modelo de estimación de demanda a utilizar a través de una regresión lineal, se realizaron diversas pruebas de modelos para definir las variables a utilizar acorde al planteamiento original del problema y a los datos disponibles.

Con el fin de facilitar esta tarea fue necesario el uso del Software SPSS, con el cual se pueden realizar diversos análisis de datos, ya que es comúnmente utilizado en la resolución de problemas de Data Mining. Para el presente caso se utilizará para realizar las diferentes pruebas de modelos de regresión Lineal.

Así, con el fin de encontrar las variables que mejor se ajustarán la demanda para la resolución del problema, se indagaron en variables como:

- Precio
- Promociones
- Liquidaciones

- % variación precio
- Periodo, entre otras.

Luego de probar las diferentes combinaciones (algunas de las cuales se pueden observar en los anexos), se concluyó que el modelo que presentaba mejor ajuste y donde sus variables eran significativas presentaba como variables el precio y el periodo. Entonces el problema queda expresado de la siguiente forma:

**Ecuación 14: Problema de Optimización para cada producto.**

$$I_{Total} = \max_{p_k \geq 0} \sum_{k=0}^{T-1} p_k * \min(c_k; D(p_k))$$

Donde:

- $I_{Total}$ : Ingreso total en el Horizonte de planeación.
- $p_k$ : Precio elegido en el periodo k.
- $c_k$ : Inventario en el periodo k,  $c_k \geq 0, \forall k$ .
- $T$ : Número de periodos en el horizonte de planeación.
- $D(p_k)$ : Demanda en el periodo k al precio p.

Es así como la demanda queda expresada como:

**Ecuación 15: Estimación de Demanda (Regresión Lineal).**

$$D_k(p) = K + A * p + B * k$$

Donde  $K$  es una constante,  $A$  el coeficiente para la variable *precio* y  $B$  el coeficiente para la variable  $k$ .

### 8.3.3 Reformulación Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail

Para este modelo, básicamente se trabajará con las heurísticas descritas en el capítulo anterior. Entonces al realizar las simplificaciones adaptadas a la composición de los datos que se poseen y al hecho de que se trabajará como si fuese una sólo tienda la existente, las heurísticas quedan expresadas de la siguiente forma.

#### Heurística 1

Recordar que esta heurística plantea la resolución, periodo a periodo, de la búsqueda del precio que maximiza los resultados utilizando como metodología el cálculo de la esperanza de venta para cierto a cierto precio. Al considerar los datos como procedentes de una sola tienda, algunos términos se simplifican, con ello esta se puede reescribir como sigue:

**Ecuación 16: Problema de resolución Heurística 1.**

$$VH1(c_k, H^k) = \max_{p \geq 0} [VH1(c_k, p, H^k)]$$

$$VH1(c_k, p, H^k) = \sum_{j=0}^{\infty} p \cdot \min(c_k, j) \cdot \Pr(\hat{D}_k(p) = j)$$

Así la probabilidad de que la demanda en el periodo  $k$  al precio  $p$  sea  $j$  queda expresada como sigue:

$$\mathbb{Pr}(\widehat{D}_k(p) = j) = \frac{[\hat{\lambda}_k(p)]^j e^{-\hat{\lambda}_k(p)}}{j!}$$

En donde  $\hat{\lambda}_k(p)$  corresponde a:

$$\hat{\lambda}_k(p) = \sum_{l=1}^k \lambda T_l (1 - F(p))$$

Y  $F(p)$  indica la distribución Weibull para el precio de reserva.

### **Heurística 2**

Esta plantea determinar el precio que maximiza los ingresos considerando el acumulado de ventas. Así el problema queda expresado como sigue:

**Ecuación 17: Problema de resolución Heurística 2.**

$$VH2(c_k, H^k) = \max_{p \geq 0} p \cdot \widehat{N}(c_k, p, H^k)$$

$$\widehat{N}(c_k, p, H^k) = \min[c_k, \hat{\lambda}_k(p)]$$

### **Heurística 3**

Esta heurística corresponde a una combinación de las dos anteriores, para así captar el efecto que ambas proponen para encontrar la mejor solución en cada período. La heurística consiste en utilizar la proposición de encontrar la mejor solución para el periodo en que se está trabajando, junto con el acumulado de los periodos. Para ello se planteaban 5 pasos a seguir para llevar a cabo esta heurística. A continuación se describen los pasos a seguir con la nueva formulación.

#### **Paso 1**

Cálculo de ventas para el periodo:

$$N(c_k, p, T^k) = \min[c_k, \lambda T_k (1 - F(p))]$$

#### **Paso 2**

Actualización del inventario para el siguiente periodo:

$$I_k(p) = c_k - N(c_k, p, T^k)$$

#### **Paso 3**

Cálculo de la heurística dos considerando los demás, sin considerar el actual.

$$VH2(I_k(p), H^{k-1})$$

#### Paso 4

En base a lo anterior se define la heurística 3 de la siguiente forma:

$$VH3(c_k, p, H^k) = VH1(c_k, p, T^k) + VH2(I_k(p), H^{k-1})$$

#### Paso 5

El paso final consiste en que en cada periodo se busca resolver lo siguiente:

**Ecuación 18: Problema de resolución Heurística 3.**

$$VH3(c_k, H^k) = \max_{p \geq 0} VH3(c_k, p, H^k)$$

A partir de este punto, las formulaciones definidas en este capítulo son las que se utilizarán en el modelamiento.

### **8.4 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA**

El proceso de obtención de parámetros dependerá del modelo utilizado, por lo tanto para los dos casos diferentes se procesarán los datos de manera independiente, pues ambas resoluciones requieren de diferente procesamiento de los datos.

#### **8.4.1 Modelo de Resolución simple (Regresión Lineal)**

Dado que ya se definieron las variables de la regresión, como se mencionó anteriormente, se procede al uso del Software SPSS para realizar las regresiones correspondientes para de esta forma obtener los parámetros que se utilizarán en la regresión lineal para la estimación de la demanda. Como se mencionó anteriormente, el período en análisis está compuesto por 26 semanas (Datos semanales entre 1° de Octubre de 2007 y 30 de Marzo de 2008), dado que durante este periodo se centra la temporada Primavera-Verano, pero ello no implica que en cada una de las 26 semanas se registren ventas. Para ello se decidió realizar el cálculo de los coeficientes para ambos productos considerando las 26 semanas y otra opción considerando sólo las semanas en que se registraron ventas.

Así se tendrá un cálculo de coeficientes para los SKU's seleccionados para las 26 semanas y otro escenario en que para el caso de SKU 467304 se registraran 23 semanas y para el SKU 468081 se registraran 18 semanas.

A continuación se presentan los outputs obtenidos en SPSS para los casos antes planteados. El primer caso a analizar es para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.

**Tabla 5: Coeficientes demanda para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 26 semanas (Modelo 1).**

Coefficients					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	255,840	203,771		1,256	,022
Precio	-,039	,035	-,624	-1,131	,070
Periodo	-3,062	6,892	-,245	-,444	,161

Fuente: Elaboración Propia.

De la tabla se desprende que los coeficientes obtenidos para las variables precio y periodo son negativos. Esto muestra que a mayor precio la demanda disminuye. Por cada \$25 aproximadamente, una unidad menos es vendida. En el caso del coeficiente del periodo, se observa que por cada periodo que avanza se reduce en 3 unidades las ventas. Esto es una forma de ver que para el cliente el momento de compra es importante, es decir, el producto de moda es más valioso al inicio del horizonte de planeación, cuando comienza la temporada. De los valores obtenidos también se infiere que las variables no son significativas y que se obtuvo un valor de ajuste de  $R^2=0,212$ .

**Tabla 6: Coeficientes demanda para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 23 semanas (Modelo 2).**

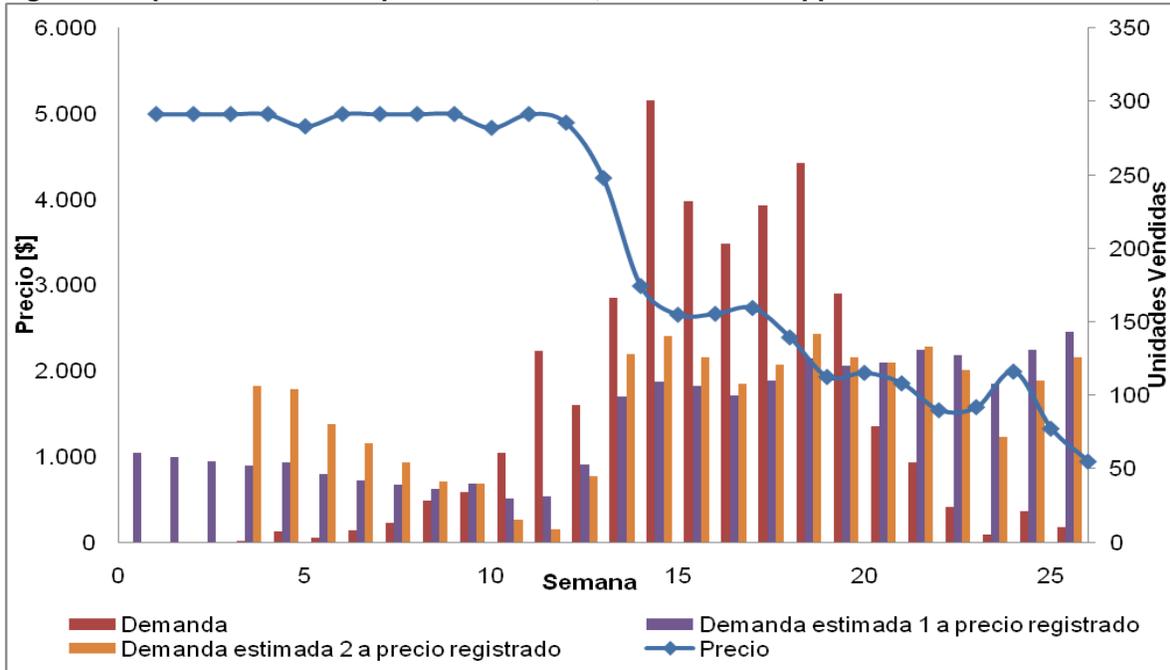
Coefficients					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	485,757	234,881		2,068	,005
Precio	-,076	,041	-1,190	-1,837	,008
Periodo	-13,122	9,231	-,921	-1,421	,071

Fuente: Elaboración Propia.

Nuevamente se obtiene que los parámetros, tanto para el precio y periodo son negativos, indicando que a mayor precio, menor demanda, y a medida que avanzan los periodos, la demanda también disminuye. Así, por cada \$13 que sube el precio de producto, disminuye en 1 las unidades vendidas, tanto que por cada periodo que avanza son 13 los productos que se dejan de vender respecto al periodo anterior. También se observa que las variables no son significativas y que se tiene un valor de ajuste de  $R^2=0,382$ .

Para observar de mejor manera los modelos, se aplica la política actual de precios a los modelos anteriores para el SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt se tienen los siguientes resultados.

**Figura 12: Demanda obtenido con modelo 1 y modelo 2, utilizando los precios registrados por la multitienda para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que la demanda registrada comparada con la estimada por los modelos, en base a la misma decisión de precio semanal, no concuerda completamente, sin embargo cuando se analizan los resultados obtenidos para todo el horizonte de planeación, se obtienen los valores expresados en la Tabla 7.

**Tabla 7: Información registrada para el uso de la política actual de precios con los modelos anteriores para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**

	Datos Registrados	Datos Modelo 1 a precio registrado	Datos Modelo 2 a precio registrado
<b>Ingresos</b>	\$ 5.955.643	\$ 5.953.296	\$ 5.961.363
<b>Unidades Vendidas</b>	2.129	2.128	2.132
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	371	372	368
<b>Precio promedio</b>	\$ 2.797	\$ 2.798	\$ 2.796

Fuente: Elaboración propia.

De esta se obtiene que la estimación tanto para los ingresos, el precio promedio y las unidades vendidas tiene un margen de diferencia cercana a un 0%, lo cual presenta una aproximación global de la realidad que se ajusta de forma adecuada.

A continuación se muestran los valores para el SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt obtenidos en SPSS.

**Tabla 8: Coeficientes demanda para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 26 semanas (Modelo 1).**

Coefficients					
Modelo	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
<b>(Constant)</b>	126,873	94,864		1,337	,119
<b>Precio</b>	-,007	,006	-,644	-1,271	,122
<b>Periodo</b>	-2,240	3,747	-,303	-,598	,156

Fuente: Elaboración Propia.

Los parámetros obtenidos para el modelo, tanto para la variable precio como periodo son negativas, lo cual implica que a mayor valor de estas variables, menor será la demanda. Es así, por ejemplo, que por cada \$143 aumente el precio, una unidad menos es vendida y cada periodo que avanza dos unidades menos se venden. También se desprende de la tabla que las variables no son significativas para el modelo y además un valor de ajuste de  $R^2=0,246$ .

**Tabla 9: Coeficientes demanda para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 18 semanas (Modelo 2).**

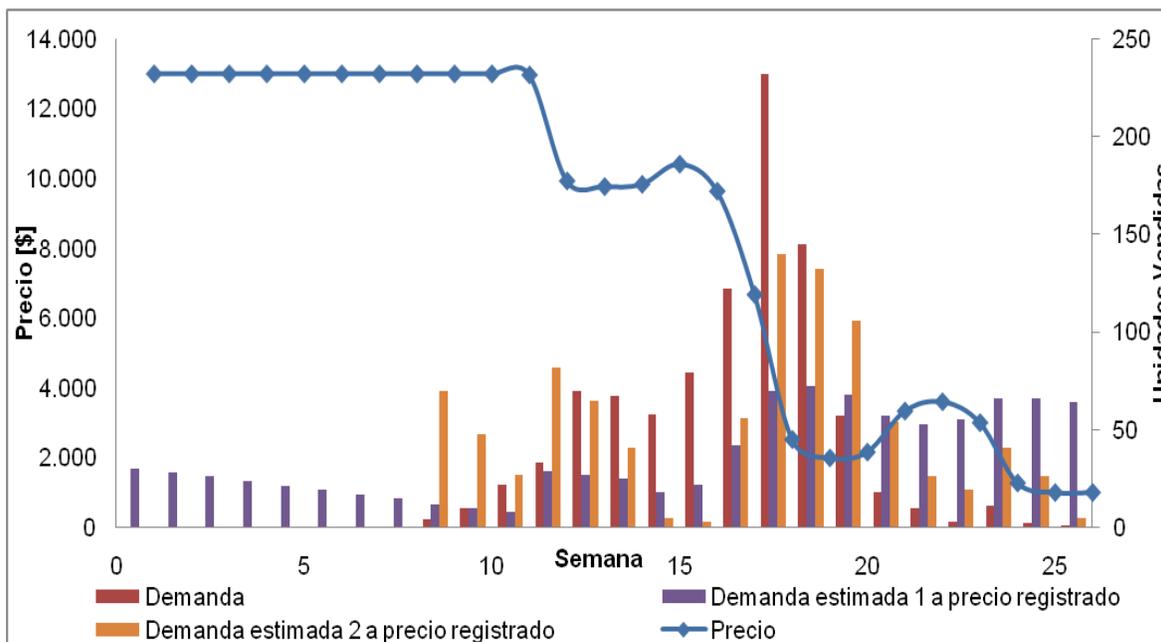
Coefficients					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
<b>(Constant)</b>	399,097	101,461		3,934	,001
<b>Precio</b>	-,025	,007	-1,888	-3,393	,004
<b>Periodo</b>	-21,726	6,430	-1,880	-3,379	,004

Fuente: Elaboración Propia.

Los parámetros obtenidos para el modelo, tanto para el precio y periodo son negativos, lo cual sigue la lógica de los modelos presentados anteriormente. Estos indican que, para el caso del precio, por cada \$40 las ventas disminuyen en una unidad, en cambio para el caso del periodo, a medida que avanza en el horizonte de planeación, en cada periodo disminuyen 21 unidades en la demanda. La Tabla 9 indica que las variables, para este modelo, si son significativas con un valor de ajuste de  $R^2=0,451$ .

A continuación se muestra la comparación entre los valores registrados por la tienda, junto con los modelos mostrados para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, utilizando los precios captados por la tienda para el producto.

**Figura 13: Demanda obtenido con modelo 1 y modelo 2, utilizando los precios registrados por la multitienda para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que para el producto anterior, si bien el ajuste de la demanda no es exacto, puede ser una buena aproximación dado la cantidad de variables utilizadas. Además la dispersión de la demanda disminuye, puesto que esta se encuentra distribuida de manera más uniforme comparada con lo registrado, sin los peak encontrados en la política actual de precios. Se debe recordar que gran parte de estos se registran por variables que no necesariamente corresponden al precio y periodo. Entre estas variables pueden encontrar: fechas especiales (Día de la Madre, Navidad, Año Nuevo, entre otras) o campañas publicitarias, las cuales pueden afectar de diferente forma dependiendo del medio en que se publicite.

Cuando se analizan los resultados globales de los modelos, para toda la temporada, se obtienen los siguientes valores.

**Tabla 10: Información registrada para el uso de la política actual de precios con los modelos anteriores para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

	Datos Registrados	Datos Modelo 1 a precio registrado	Datos Modelo 2 a precio registrado
<b>Ingresos</b>	\$ 5.426.543	\$ 5.424.395	\$ 5.961.363
<b>Unidades Vendidas</b>	944	944	946
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	56	56	54
<b>Precio promedio</b>	\$ 5.748	\$ 5.746	\$ 5.751

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los valores tienen un margen de error muy pequeño, con diferencias en los valores calculados por los modelos cercanos al 0% comparado con la política actual de precios de la tienda.

#### 8.4.2 Estimación de parámetros Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de retail.

Como se expuso en el marco conceptual, para este modelo se utilizarán las heurísticas mencionadas para su resolución, para ello se requiere el cálculo de la tasa de compra, la cual se debe obtener a través de los datos transaccionales existentes, los cuales están corregidos según lo definido en lo desarrollado en el preprocesamiento.

Las tasas son calculadas en base al precio y la cantidad de periodos en las cuales el precio fue utilizado.

Para ello se utiliza la siguiente fórmula de cálculo de la tasa  $\hat{\lambda}_{ij}(p)$ , donde esta es la tasa de compra para el producto  $j$  en la tienda  $i$  al precio  $p$ .

**Ecuación 19: Cálculo de tasa de compra ( $\lambda$ ).**

$$\lambda_{ij}(p) = \frac{\sum_{k=1}^K x_{ijk}(p)}{\sum_{k=1}^K T_k(p)}$$

Donde:

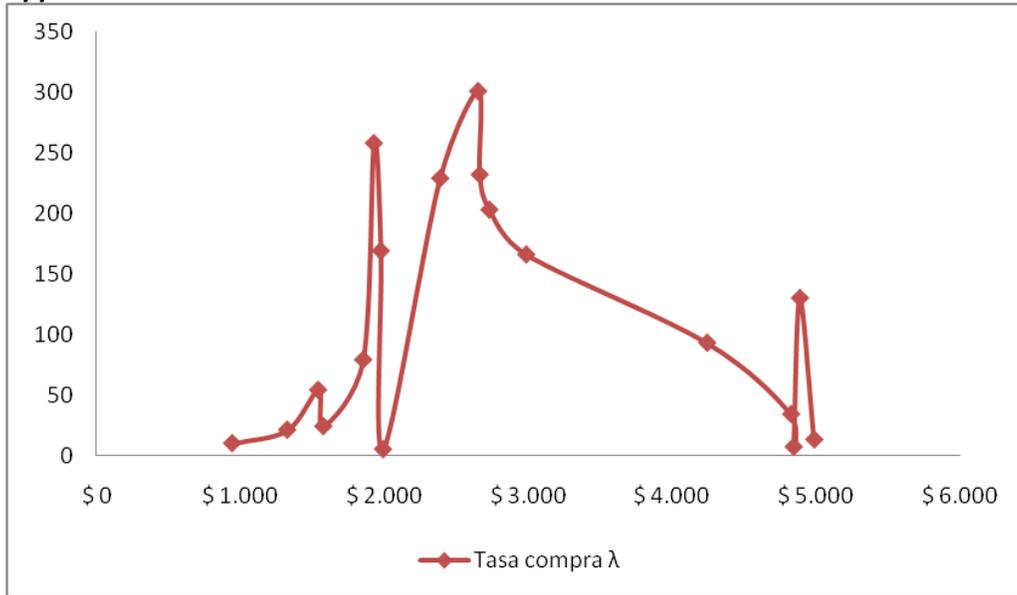
- $x_{ijk}(p)$ : corresponde a las ventas en la tienda  $i$  en el periodo  $k$  al precio  $p$  para el producto  $j$ .
- $T_k(p)$ : es igual al largo del periodo  $k$  si en el periodo el precio era igual a  $p$  y 0 en otro caso.

En el caso de esta memoria, y como se explicó anteriormente, esta ecuación queda sin el índice  $i$ , puesto que se trabajarán los datos como si fueran de una sola tienda en la cual se realizan las compras. Así la fórmula se reduce de la siguiente forma para cada producto:

$$\lambda(p) = \frac{\sum_{k=1}^K x_k(p)}{\sum_{k=1}^K T_k(p)}$$

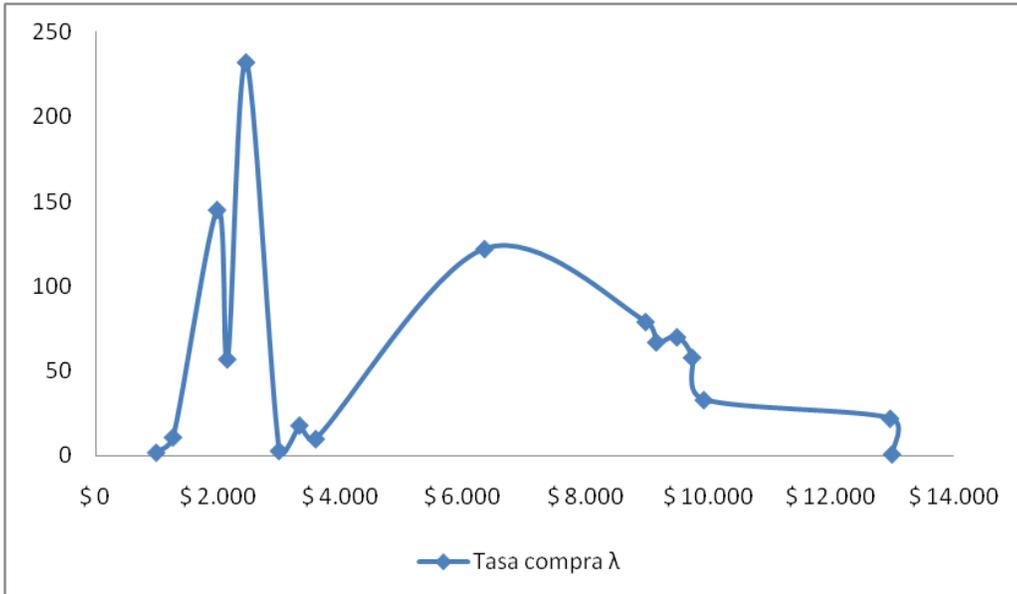
Dado lo anterior se obtuvieron los siguientes valores para cada SKU.

**Figura 14: Tasa  $\lambda$  correspondiente a los precios presentes para el SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**



*Fuente: Elaboración Propia.*

**Figura 15: Tasa  $\lambda$  correspondiente a los precios presentes para el SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt**



*Fuente: Elaboración Propia.*

Para ambos casos se observa que las tasas no conllevan la lógica que se esperaría, en donde los a mayor precio menor es la demanda. Esto muestra que existen factores externos al precio que afectan la decisión de compra de las personas.

Otro valor a detallar son los coeficientes de la distribución Weibull para el precio de reserva, para ello se utilizaran los datos sobre precios y ventas, puesto

que supone encontrar una distribución que obtenga las ventas en base a cierto precio de reserva.

Para poder obtener estos coeficientes se utilizará el Software StatFit, el cual ajusta la mejor distribución para los datos que se le entregan. Con estos StatFit entrega los valores que se ajustan de mejor manera de acuerdo a un ranking que muestra cuales son las mejores distribuciones y sus coeficientes. En esta ocasión se le obligará al programa a que ajuste los datos a una distribución Weibull, como se plantea en el modelo. La distribución Weibull y su acumulada presentan la siguiente forma:

**Ecuación 20: Distribución de probabilidad Weibull (Weibull [min;α;β] ) y Distribución de probabilidad acumulada Weibull.**

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{x - \min}{\beta} \right)^{\alpha-1} e^{-\left( \frac{x - \min}{\beta} \right)^\alpha}$$

$$F(x) = 1 - e^{-\left( \frac{x - \min}{\beta} \right)^\alpha}$$

Con:

- $\alpha$ : parámetro de forma  $>0$
- $\beta$ : parámetro de escala  $>0$
- $\min$ : mínimo  $x$ , de tal forma que la función sea positiva

Dada la denominación mencionada, se obtuvo los siguientes valores para cada SKU.

**Tabla 11: Valores coeficientes distribución Weibull.**

Descripción SKU	min (mínimo x)	$\alpha$	$\beta$
<b>SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt</b>	940	1,23	4.870
<b>SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt</b>	986	1,94	2.090

*Fuente: Elaboración Propia.*

Se pueden observar a continuación la distribución Weibull para cada uno de los productos.

Figura 16: Distribución Weibull para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.

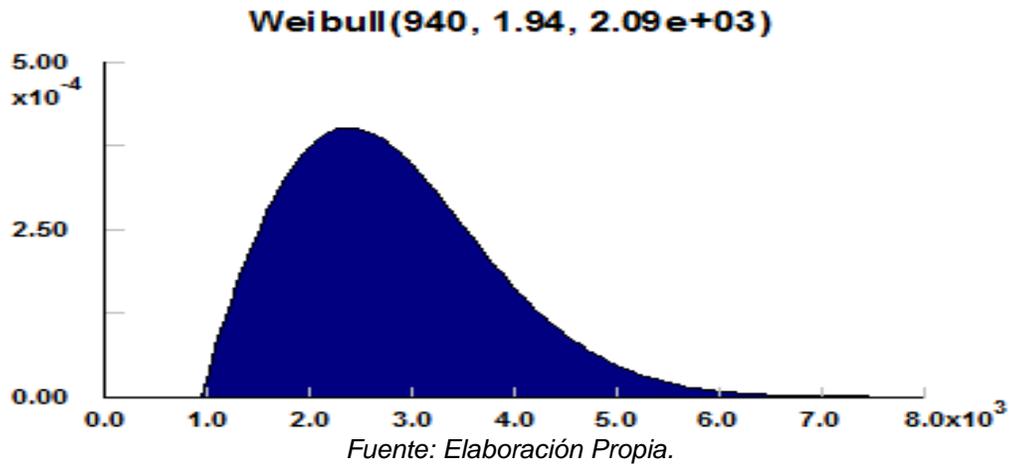
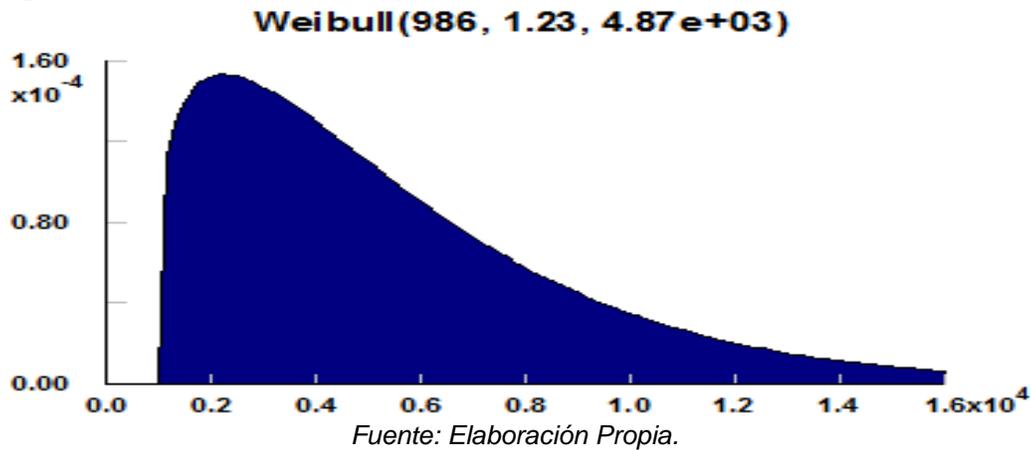


Figura 17: Distribución Weibull para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.



Cabe mencionar que para ambos productos, el ranking de ajuste mostrado en StatFit no mostraba buenos resultados sobre el ajuste de la curva para la Distribución Weibull con los datos utilizados.

## 8.5 MODELAMIENTO

Para esta etapa, como ya se mencionó, se evaluarán 2 metodologías, una a través de la resolución del problema planteado en la con una estimación de demanda expresada como regresión lineal, y otro resuelto por medio del “Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de retail” [4].

Antes de realizar cada simulación se procedió a realizar ciertos alcances. Se determinó aplicar opciones de precio en la resolución, puesto que estos se manejan de cierta manera dada las promociones y/o liquidaciones existen, aplicando descuentos en los productos, además dada la indagación que se realizó de los datos se pudo observar que en última instancia el precio de gran parte de los productos es \$1.990 o \$990. También se quiso captar la probabilidad de iniciar

con un precio mayor, y para ello, dependiendo del producto, se hicieron cambios incrementales en el precio.

Estas opciones quedan resumidas en la siguiente tabla:

**Tabla 12: Opciones de precios determinadas para los SKU's en estudio.**

	<b>SKU 467304</b>	<b>SKU 468081</b>
<b>Precio Inicial</b>	\$ 4.990	\$ 12.990
<b>10 % Descuento</b>	\$ 4.491	\$ 11.691
<b>20 % Descuento</b>	\$ 3.992	\$ 10.392
<b>30 % Descuento</b>	\$ 3.493	\$ 9.093
<b>40 % Descuento</b>	\$ 2.994	\$ 7.794
<b>50 % Descuento</b>	\$ 2.495	\$ 6.495
<b>60 % Descuento</b>	\$ 1.996	\$ 5.196
<b>70 % Descuento</b>	\$ 1.497	\$ 3.897
<b>Precio bajo 1</b>	\$ 990	\$ 990
<b>Precio bajo 2</b>	\$ 1.990	\$ 1.990
<b>Precio 1 mayor a precio Inicial</b>	\$ 5.290	\$ 13.490
<b>Precio 2 mayor a precio Inicial</b>	\$ 5.590	\$ 13.990
<b>Precio 3 mayor a precio Inicial</b>	\$ 5.890	\$ 14.490
<b>Precio 4 mayor a precio Inicial</b>	\$ 6.190	\$ 14.990

*Fuente: Elaboración Propia.*

Por medio del análisis realizado a los productos en base a los datos históricos existentes para la categoría de productos, se logró definir los siguientes inventarios iniciales para cada producto.

**Tabla 13: Inventarios iniciales para los productos en análisis.**

	<b>SKU 467304</b>	<b>SKU 468081</b>
<b>Inventario Inicial</b>	2.500	1.000

*Fuente: Elaboración Propia.*

Con estas aclaraciones ya realizadas se procede explicar ambos modelos con las simplificaciones realizadas para llevar a cabo la resolución del problema planteado.

### 8.5.1 Modelamiento Resolución Simple (Regresión Lineal)

Como se explicó con antelación, son 2 SKU's con los cuales se realizará la simulación, ambos con 2 escenarios diferentes.

#### **SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 26 semanas.**

Dado los parámetros obtenidos en el capítulo de obtención de parámetros, la estimación de demanda está definida de la siguiente forma

$$D_k(p) = 255,84 - 0,039 * p - 3,062 * k$$

Haciendo el uso de esta fórmula, se hace la estimación de demanda para las diferentes opciones de precio para cada periodo. Así se obtienen los siguientes valores:

**Tabla 14: Estimación demanda para cada opción de precio y periodo para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 26 semanas.**

Opciones [\$]	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
	990	1497	1990	1996	2495	2994	3493	3992	4491	4990	5290	5590	5890	6190
Semana														
1	217	197	178	178	158	139	119	100	80	61	49	37	26	14
2	214	194	175	175	155	136	116	97	77	58	46	34	23	11
3	211	191	172	172	152	133	113	94	74	55	43	31	20	8
4	208	188	169	169	149	130	110	91	71	52	40	28	16	5
5	205	185	166	166	146	127	107	88	68	49	37	25	13	2
6	202	182	163	163	143	124	104	85	65	46	34	22	10	0
7	199	179	160	159	140	120	101	81	62	42	31	19	7	0
8	196	176	157	156	137	117	98	78	59	39	28	16	4	0
9	193	173	154	153	134	114	95	75	56	36	25	13	1	0
10	190	170	151	150	131	111	92	72	53	33	22	10	0	0
11	187	167	147	147	128	108	89	69	50	30	18	7	0	0
12	183	164	144	144	125	105	86	66	47	27	15	4	0	0
13	180	161	141	141	122	102	83	63	44	24	12	1	0	0
14	177	158	138	138	119	99	80	60	41	21	9	0	0	0
15	174	154	135	135	115	96	76	57	37	18	6	0	0	0
16	171	151	132	132	112	93	73	54	34	15	3	0	0	0
17	168	148	129	129	109	90	70	51	31	12	0	0	0	0
18	165	145	126	126	106	87	67	48	28	9	0	0	0	0
19	162	142	123	123	103	84	64	45	25	6	0	0	0	0
20	159	139	120	120	100	81	61	42	22	3	0	0	0	0
21	156	136	117	117	97	78	58	39	19	0	0	0	0	0
22	153	133	114	114	94	75	55	36	16	0	0	0	0	0
23	150	130	111	110	91	71	52	32	13	0	0	0	0	0
24	147	127	108	107	88	68	49	29	10	0	0	0	0	0
25	144	124	105	104	85	65	46	26	7	0	0	0	0	0
26	141	121	102	101	82	62	43	23	4	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Con los valores mencionados, se procede a través de programación dinámica a resolver la para así encontrar la política óptima de precios bajo el escenario

presentado. Para realizar esta programación el Software EXCEL es utilizado, ya que es posible de forma simple poder obtener los resultados sin requerir recursos computacionales altos. Se realizará el mismo proceso para los escenarios de resolución del Modelo Simple de Resolución.

Con las consideraciones realizadas, y una vez resuelta la programación dinámica, se obtuvo la siguiente política de precios como la óptima.

**Tabla 15: Política óptima de precios para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 26 semanas.**

Periodo	Precio Estimado_1	Demanda Estimada_1
1	\$ 3.493	119
2	\$ 3.493	116
3	\$ 3.493	113
4	\$ 2.994	130
5	\$ 2.994	127
6	\$ 2.994	124
7	\$ 2.994	120
8	\$ 2.994	117
9	\$ 2.994	114
10	\$ 2.994	111
11	\$ 2.994	108
12	\$ 2.994	105
13	\$ 2.994	102
14	\$ 3.493	80
15	\$ 3.493	76
16	\$ 3.493	73
17	\$ 2.994	90
18	\$ 2.994	87
19	\$ 2.994	84
20	\$ 2.994	81
21	\$ 2.994	78
22	\$ 2.994	75
23	\$ 2.994	71
24	\$ 2.994	68
25	\$ 2.994	65
26	\$ 2.994	62

Fuente: Elaboración Propia.

**SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 23 semanas.**

Dado los parámetros obtenidos en el capítulo de obtención de parámetros, la estimación de demanda está definida de la siguiente forma

$$D_k(p) = 485,757 - 0,076 * p - 13,122 * k$$

Haciendo el uso de esta fórmula, se hace la estimación de demanda para las diferentes opciones de precio para cada periodo. Así se obtienen los siguientes valores:

**Tabla 16: Estimación demanda para cada opción de precio y periodo para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 23 semanas.**

Opciones [\$]	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
	990	1497	1990	1996	2495	2994	3493	3992	4491	4990	5290	5590	5890	6190
Semana														
1	410	372	334	334	296	258	220	182	144	106	84	61	38	15
2	397	359	321	321	283	245	207	169	131	93	70	48	25	2
3	384	346	308	308	270	232	194	156	118	80	57	35	12	0
4	371	333	295	295	257	219	181	143	105	67	44	21	0	0
5	358	319	282	282	244	206	168	130	92	54	31	8	0	0
6	345	306	269	268	230	193	155	117	79	41	18	0	0	0
7	332	293	256	255	217	179	141	104	66	28	5	0	0	0
8	319	280	243	242	204	166	128	90	53	15	0	0	0	0
9	306	267	230	229	191	153	115	77	39	1	0	0	0	0
10	292	254	216	216	178	140	102	64	26	0	0	0	0	0
11	279	241	203	203	165	127	89	51	13	0	0	0	0	0
12	266	228	190	190	152	114	76	38	0	0	0	0	0	0
13	253	214	177	177	139	101	63	25	0	0	0	0	0	0
14	240	201	164	163	126	88	50	12	0	0	0	0	0	0
15	227	188	151	150	112	74	37	0	0	0	0	0	0	0
16	214	175	138	137	99	61	23	0	0	0	0	0	0	0
17	201	162	125	124	86	48	10	0	0	0	0	0	0	0
18	187	149	111	111	73	35	0	0	0	0	0	0	0	0
19	174	136	98	98	60	22	0	0	0	0	0	0	0	0
20	161	123	85	85	47	9	0	0	0	0	0	0	0	0
21	148	110	72	72	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	135	96	59	58	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	122	83	46	45	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Bajo este escenario, se resuelve el problema de programación dinámica, así se obtiene los siguientes valores como la política óptima de precios.

Tabla 17: Política óptima de precios para **SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt, 23 semanas.**

Periodo	Precio Estimado_2	Demanda Estimada_2
1	\$ 3.992	182
2	\$ 3.992	169
3	\$ 3.992	156
4	\$ 3.992	143
5	\$ 3.493	168
6	\$ 3.493	155
7	\$ 3.493	141
8	\$ 3.493	128
9	\$ 3.493	115
10	\$ 2.994	140
11	\$ 2.994	127
12	\$ 2.994	114
13	\$ 2.994	101
14	\$ 2.994	88
15	\$ 2.994	74
16	\$ 2.495	99
17	\$ 2.495	86
18	\$ 2.495	73
19	\$ 2.495	60
20	\$ 2.495	47
21	\$ 2.495	34
22	\$ 1.996	58
23	\$ 1.990	42

Fuente: Elaboración Propia.

**SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 26 semanas.**

Dado los parámetros obtenidos en el capítulo de obtención de parámetros, la estimación de demanda está definida de la siguiente forma

$$D_k(p) = 126,873 - 0,007 * p - 2,24 * k$$

Haciendo el uso de esta fórmula, se hace la estimación de demanda para las diferentes opciones de precio para cada periodo. Así se obtienen los siguientes valores:

**Tabla 18: Estimación demanda para cada opción de precio y periodo para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 26 semanas.**

Opciones [\$]	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
	990	1990	3897	5196	6495	7794	9093	10392	11691	12990	13490	13990	14490	14990
Semana														
1	120	112	98	88	79	69	59	50	40	30	27	23	19	15
2	117	110	96	86	76	67	57	47	38	28	24	21	17	13
3	115	108	93	84	74	64	55	45	35	26	22	18	15	11
4	113	105	91	82	72	62	53	43	33	24	20	16	12	9
5	111	103	89	79	70	60	50	41	31	21	18	14	10	6
6	108	101	87	77	67	58	48	38	29	19	15	12	8	4
7	106	99	84	75	65	56	46	36	27	17	13	9	6	2
8	104	96	82	73	63	53	44	34	24	15	11	7	3	0
9	102	94	80	70	61	51	41	32	22	12	9	5	1	0
10	99	92	78	68	58	49	39	29	20	10	6	3	0	0
11	97	90	76	66	56	47	37	27	18	8	4	0	0	0
12	95	87	73	64	54	44	35	25	15	6	2	0	0	0
13	93	85	71	61	52	42	32	23	13	3	0	0	0	0
14	90	83	69	59	49	40	30	21	11	1	0	0	0	0
15	88	81	67	57	47	38	28	18	9	0	0	0	0	0
16	86	78	64	55	45	35	26	16	6	0	0	0	0	0
17	84	76	62	52	43	33	23	14	4	0	0	0	0	0
18	81	74	60	50	41	31	21	12	2	0	0	0	0	0
19	79	72	58	48	38	29	19	9	0	0	0	0	0	0
20	77	70	55	46	36	26	17	7	0	0	0	0	0	0
21	75	67	53	43	34	24	14	5	0	0	0	0	0	0
22	72	65	51	41	32	22	12	3	0	0	0	0	0	0
23	70	63	49	39	29	20	10	0	0	0	0	0	0	0
24	68	61	46	37	27	17	8	0	0	0	0	0	0	0
25	66	58	44	34	25	15	6	0	0	0	0	0	0	0
26	64	56	42	32	23	13	3	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

Bajo este escenario, se resuelve el problema de programación dinámica, así se obtiene los siguientes valores como la política óptima de precios.

Tabla 19: Política óptima de precios para *SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt*, 26 semanas.

Periodo	Precio Estimado_1	Demanda Estimada_1
1	\$ 10.392	50
2	\$ 10.392	47
3	\$ 9.093	55
4	\$ 9.093	53
5	\$ 10.392	41
6	\$ 9.093	48
7	\$ 9.093	46
8	\$ 9.093	44
9	\$ 9.093	41
10	\$ 9.093	39
11	\$ 7.794	47
12	\$ 9.093	35
13	\$ 7.794	42
14	\$ 7.794	40
15	\$ 7.794	38
16	\$ 7.794	35
17	\$ 7.794	33
18	\$ 7.794	31
19	\$ 7.794	29
20	\$ 6.495	36
21	\$ 6.495	34
22	\$ 6.495	32
23	\$ 6.495	29
24	\$ 6.495	27
25	\$ 6.495	25
26	\$ 6.495	2

Fuente: Elaboración Propia.

**SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 18 semanas**

Dado los parámetros obtenidos en el capítulo de obtención de parámetros, la estimación de demanda está definida de la siguiente forma

$$D_k(p) = 399,097 - 0,025 * p - 21,726 * k$$

Haciendo el uso de esta fórmula, se hace la estimación de demanda para las diferentes opciones de precio para cada periodo. Así se obtienen los siguientes valores:

**Tabla 20: Estimación demanda para cada opción de precio y periodo para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 18 semanas.**

Opciones [\$]	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
	990	1990	3897	5196	6495	7794	9093	10392	11691	12990	13490	13990	14490	14990
Semana														
<b>1</b>	374	349	300	267	234	201	168	135	103	70	57	44	32	19
<b>2</b>	352	327	279	246	213	180	147	114	81	48	35	22	10	0
<b>3</b>	331	305	257	224	191	158	125	92	59	26	13	1	0	0
<b>4</b>	309	283	235	202	169	136	103	70	37	4	0	0	0	0
<b>5</b>	287	262	213	180	147	114	82	49	16	0	0	0	0	0
<b>6</b>	265	240	192	159	126	93	60	27	0	0	0	0	0	0
<b>7</b>	244	218	170	137	104	71	38	5	0	0	0	0	0	0
<b>8</b>	222	197	148	115	82	49	16	0	0	0	0	0	0	0
<b>9</b>	200	175	126	93	61	28	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>10</b>	178	153	105	72	39	6	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>11</b>	157	131	83	50	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>12</b>	135	110	61	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>13</b>	113	88	40	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>14</b>	92	66	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>15</b>	70	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>16</b>	48	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>17</b>	26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>18</b>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Fuente: Elaboración Propia.*

Bajo este escenario, se resuelve el problema de programación dinámica, así se obtiene los siguientes valores como la política óptima de precios.

Tabla 21: Política óptima de precios para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt, 18 semanas.

Periodo	Precio Estimado_2	Demanda Estimada_2
1	\$ 10.392	135
2	\$ 9.093	147
3	\$ 9.093	125
4	\$ 9.093	103
5	\$ 9.093	82
6	\$ 7.794	93
7	\$ 7.794	71
8	\$ 6.495	82
9	\$ 6.495	61
10	\$ 6.495	39
11	\$ 6.495	17
12	\$ 5.196	28
13	\$ 5.196	7
14	\$ 3.897	10
15	\$ 3.897	0
16	\$ 3.897	0
17	\$ 3.897	0
18	\$ 3.897	0

Fuente: Elaboración Propia.

### 8.5.2 Modelamiento de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail

Para este modelo sólo se considerará 26 semanas como el periodo en análisis.

Como se explicó en el punto de preprocesamiento, se realizaron ciertos ajustes a las heurísticas a utilizar. Todas las heurísticas dependen de la estimación de la demanda por medio de una tasa denominada como  $\hat{\lambda}_k(p)$  definida como:

$$\hat{\lambda}_k(p) = \sum_{l=1}^k \lambda T_k (1 - F(p))$$

En el capítulo de obtención de parámetros se obtuvieron los valores de  $\lambda$ , y los coeficientes de la distribución Weibull ( $F(p)$ ) para el precio de reserva. Además como se explicó se utilizarán opciones de precios para la resolución.

En la obtención de parámetros las tasas encontradas no necesariamente corresponden a tasas para las opciones de precios planteadas. Para poder obtener estas tasas lo que se realizó una interpolación a través de regresiones

lineales por tramo para los diferentes precios. Una vez realizado esto se calcularon los valores de la distribución de probabilidad acumulada  $F(p)$  para las diferentes opciones de precio para así poder obtener la estimación de demanda  $\hat{\lambda}_k(p)$ .

Los resultados de estos procesos se encuentran resumidos en la siguiente tabla, para cada producto.

**Tabla 22: Opción de Precio,  $\lambda$ , Distribución acumulada Weibull y  $\hat{\lambda}_k(p)$  para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**

<b>Opciones de Precios [\\$]</b>	<b>Tasa lambda (<math>\lambda</math>) [Unidades Vendidas]</b>	<b>Weibull (<math>F(p)</math>)</b>	<b>Tasa ajustada (<math>\hat{\lambda}_k(p)</math>) para <math>T_k=1</math></b>
990	11,423	0,00071575	11,414824
1497	34,1327	0,07400918	31,6065668
1990	5	0,23128962	3,8435519
1996	142,0224	0,23353391	108,855353
2495	243,6725	0,43077135	138,705369
2994	199,511	0,61972262	75,8695197
3493	139,1915	0,771068	31,8653879
3992	102,016	0,87563566	12,6871524
4491	64,8405	0,93896953	3,95724603
4990	12,66666667	0,9729193	0,34302216
5290	16,925	0,98416576	0,26799451
5590	0	0,99106862	0
5890	0	0,99513944	0
6190	0	0,99744755	0

*Fuente: Elaboración Propia.*

Como se observa en esta tabla, sólo se ha incluido el valor para  $T_k=1$ , ya que al ser  $T_k$  siempre de largo 1 (1 semana) basta con multiplicar esta cifra por las  $k$  semanas ( $k$ ) para obtener  $\hat{\lambda}_k(p)$  según en el periodo en que se esté resolviendo el problema.

Tabla 23: Opción de Precio,  $\lambda$ , Distribución acumulada Weibull y  $\hat{\lambda}_k(p)$  para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.

Opciones de Precios [\$]	Tasa lambda ( $\lambda$ ) [Unidades Vendidas]	Weibull ( $F(p)$ )	Tasa ajustada ( $\hat{\lambda}_k(p)$ ) para $T_k=1$
990	2	0,000160265	1,99967947
1.990	141,41	0,133570449	122,5218028
3.897	30,669	0,411995398	18,03351315
5.196	78,732	0,566559241	34,12565781
6.495	119,312	0,687686516	37,26274639
7.794	98,0084	0,779071951	21,65280456
9.093	69,928	0,846138889	10,7591998
10.392	41,7724	0,894297461	4,41544872
11.691	31,6402	0,92825943	2,269885983
12.990	1,272727273	0,951841851	0,06129219
13.490	8,51	0,958803605	0,350581326
13.990	5,01	0,964809781	0,176302997
14.490	1,51	0,969982351	0,045326651
14.990	0	0,974429409	0

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que al aplicar el ajuste con el precio de reserva ( $F(p)$ ), las estimaciones de demanda difieren bastante de los datos reales, lo cual podría estar causando distorsiones que impidan obtener buenos resultados en la solución para obtener la política correcta de precios, para ello se procederá a buscar las soluciones para ambos casos.

Se determinó probar el modelo para el SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.

### **Caso $\hat{\lambda}_k(p)$ con distribución Weibull incluida.**

Para este caso se resolverán las diferentes heurísticas con los siguientes datos, en donde el efecto del precio de reserva fue incluido. Cabe señalar que a primera vista, al comparar estos valores con las tasas de compra calculadas con anterioridad,  $F(p)$  distorsiona en forma importante estos valores, llegando en algunos casos a disminuir la demanda a un tercio de lo calculado en un principio. Dado que la distribución Weibull supone debería dar un pequeño ajuste a los datos, esto estaría resultando en una deformación de los datos.

**Tabla 24: Tasa ( $\hat{\lambda}_k(p)$ ) para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

<b>Opciones de precios [\$]</b>	<b>Tasa ajustada (<math>\hat{\lambda}_k(p)</math>) para <math>T_k=1</math></b>
<b>990</b>	1,99967947
<b>1.990</b>	122,5218028
<b>3.897</b>	18,03351315
<b>5.196</b>	34,12565781
<b>6.495</b>	37,26274639
<b>7.794</b>	21,65280456
<b>9.093</b>	10,7591998
<b>10.392</b>	4,41544872
<b>11.691</b>	2,269885983
<b>12.990</b>	0,06129219
<b>13.490</b>	0,350581326
<b>13.990</b>	0,176302997
<b>14.490</b>	0,045326651
<b>14.990</b>	0

*Fuente: Elaboración Propia.*

Así con los datos de la tabla anterior se procede a través del uso de la herramienta EXCEL a desarrollar el proceso de las diferentes heurísticas mencionadas con anterioridad, a modo de obtener la política óptima de precios de forma de maximizar los ingresos del producto. Luego para las 3 heurísticas bajo la tasa ajustada se obtuvieron las siguientes políticas óptimas:

**Tabla 25: Política de precios óptima con Heurística 1.**

<b>Periodo</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda</b>
1	\$ 10.392	4
2	\$ 6.495	37
3	\$ 10.392	4
4	\$ 10.392	4
5	\$ 10.392	4
6	\$ 10.392	4
7	\$ 10.392	4
8	\$ 10.392	4
9	\$ 10.392	4
10	\$ 10.392	4
11	\$ 10.392	4
12	\$ 10.392	4
13	\$ 10.392	4
14	\$ 9.093	11
15	\$ 9.093	11
16	\$ 9.093	11
17	\$ 9.093	11
18	\$ 9.093	11
19	\$ 9.093	11
20	\$ 9.093	11
21	\$ 7.794	22
22	\$ 7.794	22
23	\$ 7.794	22
24	\$ 6.495	37
25	\$ 6.495	37
26	\$ 6.495	37

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla 26: Política de precios óptima con Heurística 2.**

<b>Periodo</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda</b>
1	\$ 1.990	123
2	\$ 7.794	22
3	\$ 7.794	22
4	\$ 7.794	22
5	\$ 7.794	22
6	\$ 7.794	22
7	\$ 7.794	22
8	\$ 7.794	22
9	\$ 6.495	37
10	\$ 6.495	37
11	\$ 6.495	37
12	\$ 6.495	37
13	\$ 6.495	37
14	\$ 6.495	37
15	\$ 6.495	37
16	\$ 6.495	37
17	\$ 6.495	37
18	\$ 6.495	37
19	\$ 7.794	22
20	\$ 7.794	22
21	\$ 7.794	22
22	\$ 9.093	11
23	\$ 11.691	2
24	\$ 12.990	0
25	\$ 12.990	0
26	\$ 12.990	0

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla 27: Política de precios óptima con Heurística 3.**

<b>Periodo</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda</b>
1	\$ 10.392	4
2	\$ 6.495	37
3	\$ 10.392	4
4	\$ 10.392	4
5	\$ 10.392	4
6	\$ 10.392	4
7	\$ 10.392	4
8	\$ 10.392	4
9	\$ 10.392	4
10	\$ 10.392	4
11	\$ 10.392	4
12	\$ 10.392	4
13	\$ 10.392	4
14	\$ 9.093	11
15	\$ 9.093	11
16	\$ 9.093	11
17	\$ 9.093	11
18	\$ 9.093	11
19	\$ 9.093	11
20	\$ 9.093	11
21	\$ 7.794	22
22	\$ 7.794	22
23	\$ 7.794	22
24	\$ 6.495	37
25	\$ 6.495	37
26	\$ 6.495	37

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Caso  $\hat{\lambda}_k(p)$  sin distribución Weibull incluida.**

Así como se resolvió el problema de programación dinámica incluyendo el efecto del precio de reserva ( $F(p)$ ), ahora se procederá a entregar los resultados para el caso en que este ajuste es retirado de la ecuación. Luego los valores  $\hat{\lambda}_k(p)$  que se utilizarán para resolver las heurísticas queda registrado en la siguiente tabla:

**Tabla 28: Tasa ( $\hat{\lambda}_k(p)$ ) para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

<b>Opciones de precios [\\$]</b>	<b>Tasa lambda <math>\hat{\lambda}_k(p)</math> [Unidades Vendidas]</b>
990	2
1.990	141,41
3.897	30,669
5.196	78,732
6.495	119,312
7.794	98,0084
9.093	69,928
10.392	41,7724
11.691	31,6402
12.990	1,272727273
13.490	8,51
13.990	5,01
14.490	1,51
14.990	0

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 29: Política de precios óptima con Heurística 1.**

<b>Periodo</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda</b>
1	\$ 13.990	5
2	\$ 13.990	5
3	\$ 13.990	5
4	\$ 13.990	5
5	\$ 13.990	5
6	\$ 13.990	5
7	\$ 13.990	5
8	\$ 13.990	5
9	\$ 13.990	5
10	\$ 13.990	5
11	\$ 13.490	9
12	\$ 13.490	9
13	\$ 13.490	9
14	\$ 13.490	9
15	\$ 13.490	9
16	\$ 13.490	9
17	\$ 13.490	9
18	\$ 13.490	9
19	\$ 13.490	9
20	\$ 13.490	9
21	\$ 13.490	9
22	\$ 13.490	9
23	\$ 11.691	32
24	\$ 10.392	42
25	\$ 10.392	42
26	\$ 6.495	119

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla 30: Política de precios óptima con Heurística 2**

<b>Periodo</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda</b>
1	\$ 6.495	119
2	\$ 11.691	32
3	\$ 11.691	32
4	\$ 11.691	32
5	\$ 11.691	32
6	\$ 11.691	32
7	\$ 11.691	32
8	\$ 11.691	32
9	\$ 11.691	32
10	\$ 11.691	32
11	\$ 10.392	42
12	\$ 10.392	42
13	\$ 10.392	42
14	\$ 11.691	32
15	\$ 9.093	70
16	\$ 11.691	32
17	\$ 11.691	32
18	\$ 11.691	32
19	\$ 11.691	32
20	\$ 13.490	9
21	\$ 14.490	2
22	\$ 14.990	0
23	\$ 14.990	0
24	\$ 14.990	0
25	\$ 14.990	0
26	\$ 14.990	0

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla 31: Política de precios óptima con Heurística 3**

<b>Periodo</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda</b>
1	\$ 13.990	5
2	\$ 13.990	5
3	\$ 13.990	5
4	\$ 13.990	5
5	\$ 13.990	5
6	\$ 13.990	5
7	\$ 13.990	5
8	\$ 13.990	5
9	\$ 13.990	5
10	\$ 13.990	5
11	\$ 13.490	9
12	\$ 13.490	9
13	\$ 13.490	9
14	\$ 13.490	9
15	\$ 13.490	9
16	\$ 13.490	9
17	\$ 13.490	9
18	\$ 13.490	9
19	\$ 13.490	9
20	\$ 13.490	9
21	\$ 13.490	9
22	\$ 13.490	9
23	\$ 11.691	32
24	\$ 10.392	42
25	\$ 10.392	42
26	\$ 6.495	119

*Fuente: Elaboración Propia.*

De esta forma se han obtenido las políticas de precios óptimas según las diferentes metodologías planteadas.

## 8.6 EVALUACIÓN

En base a los resultados obtenidos como políticas óptimas obtenidas por los diferentes modelos, se procede a hacer una comparación con la situación real para poder observar si las políticas obtenidas aportan valor a la tienda por departamento.

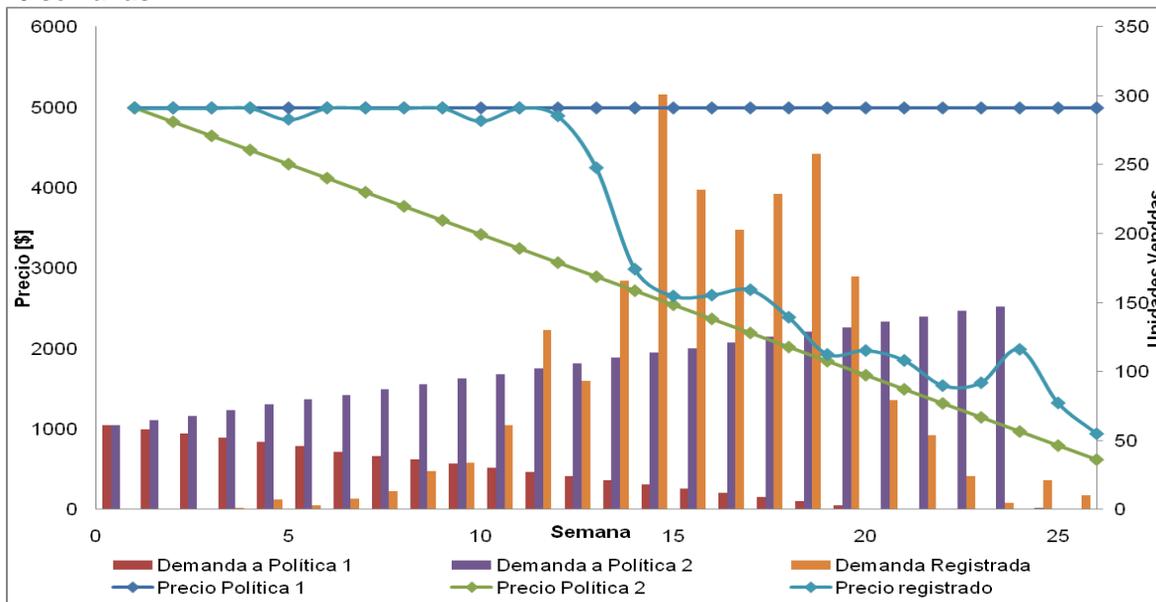
### 8.6.1 Evaluación para Modelo de resolución simple (Regresión Lineal)

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos para los diferentes modelos utilizados, junto con compararlos con otras políticas propuestas. A continuación se explicarán los diferentes escenarios posibles.

#### **Análisis SKU 467304, TB BIK BAS08OPP-011/LIME/SURT**

En primera instancia se procede a comparar la política actual de precios con otras 2 políticas de precios propuestas posibles de llevar a cabo y de fácil aplicación, utilizando el modelo 1 y 2 de estimación de demanda. La política 1 consiste en mantener el precio inicial constante durante toda la temporada, mientras que la política 2 se define disminuyendo semanalmente el precio en un porcentaje<sup>5</sup>, para de esta forma al final de la temporada tener un precio factible dentro de las opciones de precios<sup>6</sup>.

**Figura 18: Comparación política actual con políticas opcionales de precios, modelo de 26 semanas.**



Fuente: Elaboración propia.

<sup>5</sup> Para este caso específico para ambos SKU's y tanto modelo 1 y modelo 2 se determinó que el porcentaje de disminución es de 3,5% semanalmente.

<sup>6</sup> No se aceptan precios negativos ni 0. Además trata de respetar la lógica de los precios observados durante el análisis, cuyo menor precio registrado para algún SKU corresponde a \$590.

La Figura 18 muestra como políticas diferentes de precios pueden provocar diversos comportamientos en la demanda. A continuación se tiene una tabla resumen con los resultados globales para las diferentes políticas para el modelo 1.

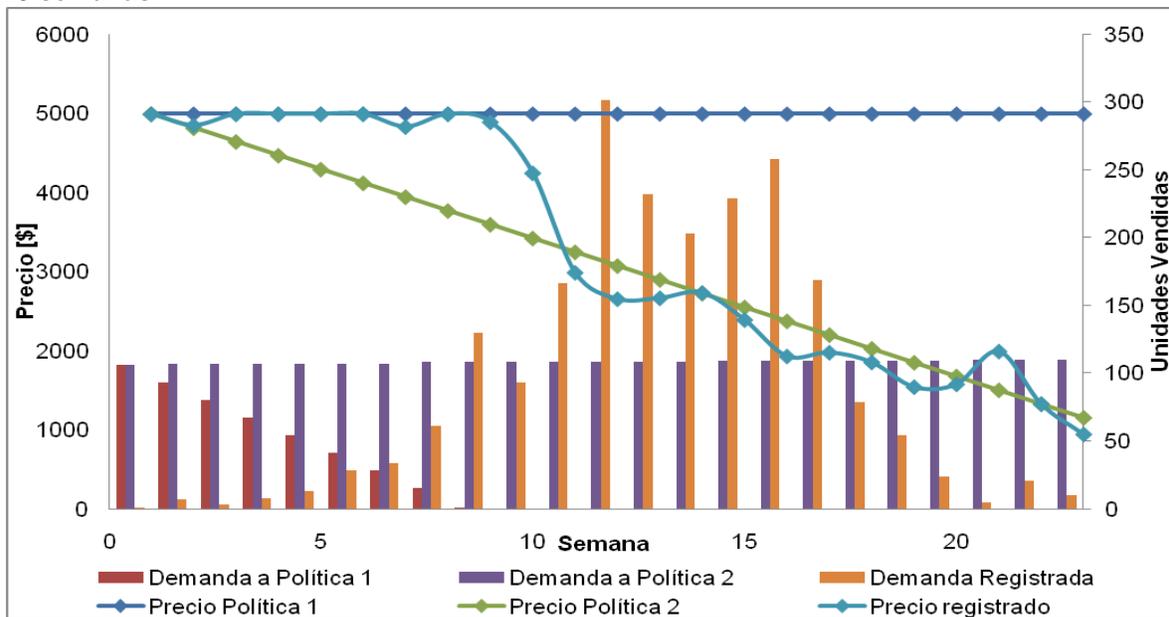
**Tabla 32: Información registrada para el uso de la política actual junto con las 2 políticas propuestas con el uso de la demanda para el modelo 1, para SKU 467304, Tb Bik Bas08opp-011/Lime/Surt.**

	Datos Registrados	Datos Política precio 1	Datos Política precio 2
<b>Ingresos</b>	\$ 5.955.643	\$ 3.173.640	\$ 6.695.895
<b>Unidades Vendidas</b>	2.129	636	2.500
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	371	1.864	0
<b>Precio promedio</b>	\$ 2.797	\$ 4.990	\$ 2.678

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 19 muestra las políticas descritas anteriormente para el modelo de 23 semanas.

**Figura 19: Comparación política actual con políticas opcionales de precios, modelo de 23 semanas.**



Fuente: Elaboración propia.

La tabla siguiente es un resumen de los resultados obtenidos.

**Tabla 33: Información registrada para el uso de la política actual junto con las 2 políticas propuestas con el uso de la demanda para el modelo 2, para SKU 467304, Tb Bik Bas08opp-011/Lime/Surt.**

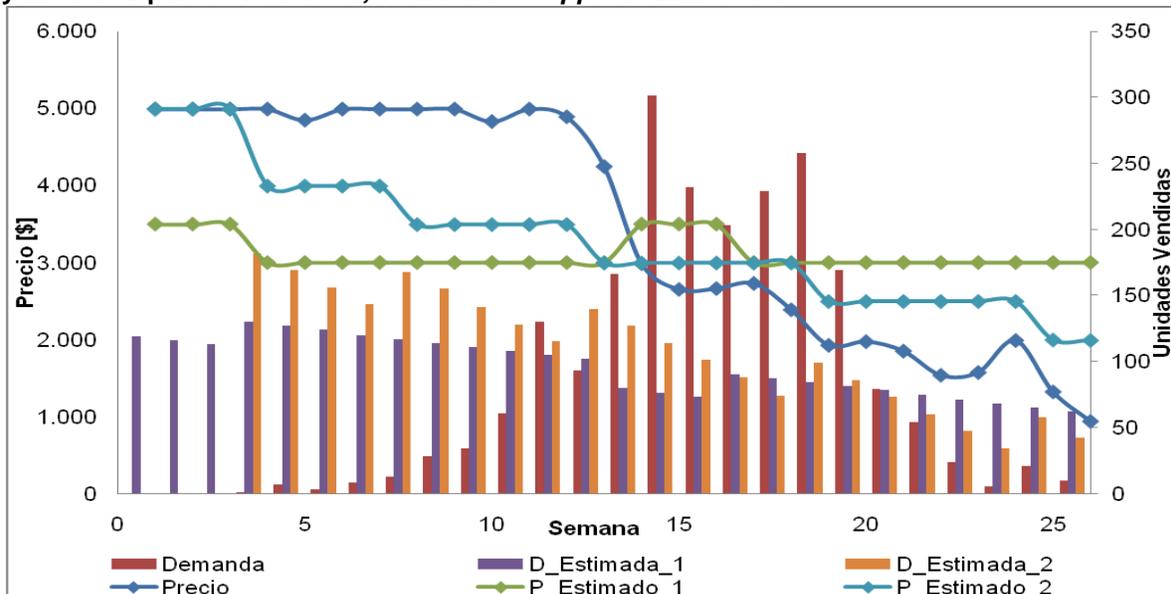
	Datos Registrados	Datos Política precio 1	Datos Política precio 2
<b>Ingresos</b>	\$ 5.955.643	\$ 2.420.150	\$ 7.607.404
<b>Unidades Vendidas</b>	2.129	636	2.500
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	371	2.015	0
<b>Precio promedio</b>	\$ 2.797	\$ 4.990	\$ 2.678

Fuente: Elaboración propia.

Tanto para el caso del modelo 1 y modelo 2 para la Política de precios 1 y Política de precios 2, se observa claramente que la peor decisión de precios es la de mantener el precio constante, la cual si bien el precio promedio es el mejor, los ingresos y unidades vendidas son las mínimas. Sin embargo para el caso de la política 2 de precios los resultados para ambos modelos son mejores que los que se obtienen por medio de la política actual de precios aplicada por la multitienda. Esto demuestra que realizando pequeños ajustes en los precios se obtienen mejores rendimientos.

A continuación se presentan los resultados óptimos obtenidos por medio de programación dinámica y el uso de los modelos lineales de estimación de demanda. En la Figura 20 están la política actual de precios junto con los óptimos obtenidos.

**Figura 20: Comparación política actual con resultados óptimos obtenidos para modelo 1 y modelo 2 para SKU 467304, Tb Bik Bas08opp-011/Lime/Surt.**



Fuente: Elaboración propia.

Se desprende de la figura que los óptimos obtenidos por los 2 modelos, muestran menor dispersión de la demanda comparado con la situación actual, esta forma se puede tener menores quiebres de stock en góndola, pues no suceden ventas explosivas que distorsionan las ventas. Además, observándose los siguientes rendimientos para cada caso.

**Tabla 34: Información registrada para el uso de la política actual junto con resultados óptimos obtenidos para modelo 1 y modelo 2 para SKU 467304, Tb Bik Bas08opp-011/Lime/Surt.**

	<b>Datos Registrados</b>	<b>Datos Modelo 1 Óptimos</b>	<b>Datos Modelo 2 Óptimos</b>
<b>Ingresos</b>	\$ 5.955.643	\$ 7.760.947	\$ 8.187.340
<b>Unidades Vendidas</b>	2.129	2.496	2.500
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	371	4	0
<b>Precio promedio</b>	\$ 2.797	\$ 3.109	\$ 3.275

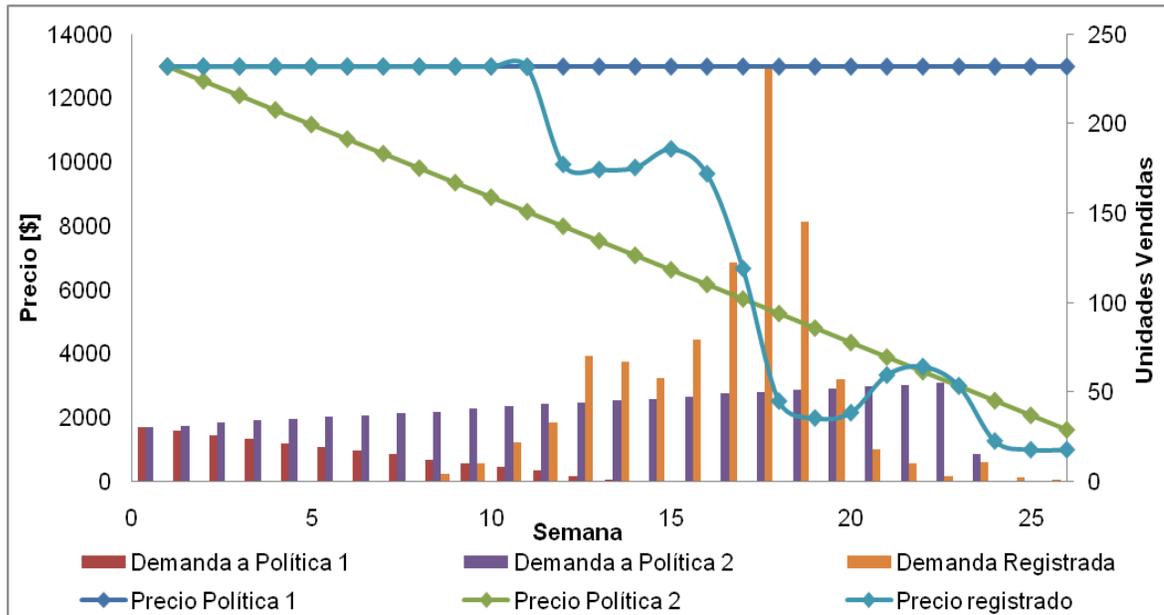
*Fuente: Elaboración propia.*

Se aprecia que el modelo 2 parece ser el que captura la mejor política, aumentando los ingresos un 37% comparado con la política actual de precios, lográndose una venta total del stock disponible, y con un precio promedio, entre las opciones mostradas, es el más alto. El modelo 1 igualmente presenta mejores rendimientos que el caso actual, con un 30%, con ventas y precio promedio más altos.

### **Análisis SKU 468180, TB ANIMAL BMA/402 SNAK/CAFE/SURT**

Para este producto se realizó el mismo proceso anterior, en donde la política actual se comparó con las 2 políticas posibles antes descritas. Política 1 de precio constante y Política 2 con reducciones porcentuales al precio en cada periodo. A continuación utilizando el modelo 1 de 26 semanas.

**Figura 21: Comparación política actual con políticas opcionales de precios, modelo de 26 semanas.**



Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el modelo, dada la política actual provoca que la dispersión de las demandas sea menor. A continuación se presenta la información agregada para toda la temporada.

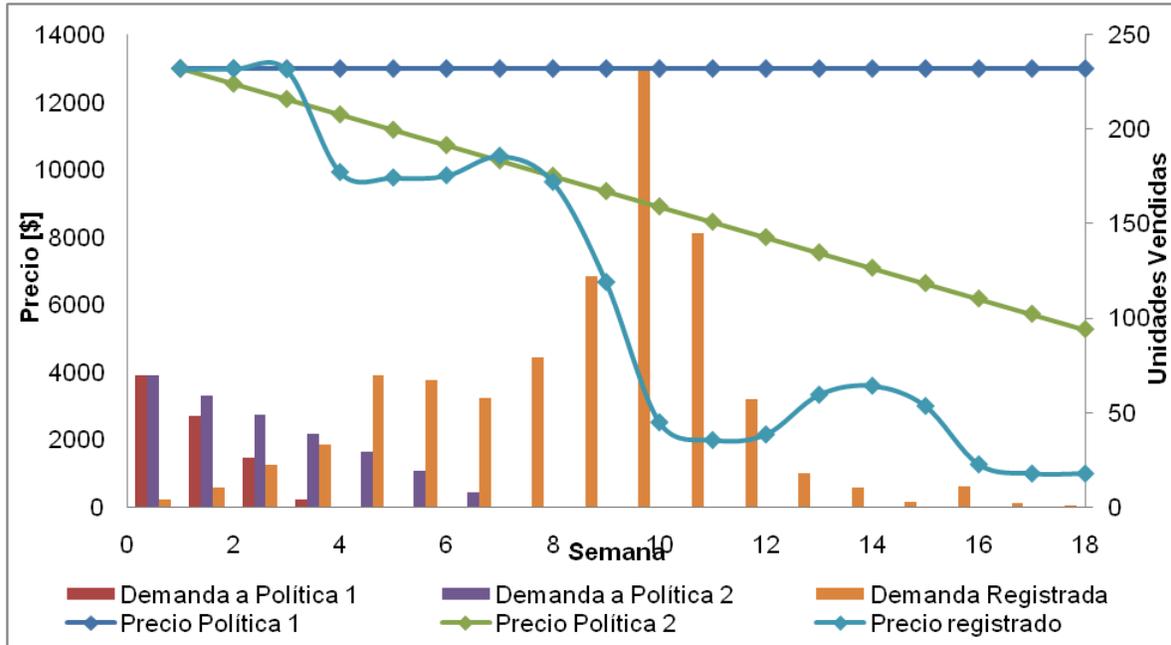
**Tabla 35: Información registrada para el uso de la política actual junto con las 2 políticas propuestas con el uso de la demanda para el modelo 1, para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

	Datos Registrados	Datos Política precio 1	Datos Política precio 2
<b>Ingresos</b>	\$ 5.426.543	\$ 2.857.800	\$ 7.383.283
<b>Unidades Vendidas</b>	944	220	1.000
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	56	780	0
<b>Precio promedio</b>	\$ 5.748	\$ 12.990	\$ 7.383

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que con la política 2 propuesta se observa una mejora en los resultados, junto con lograr la total venta del stock del producto. A continuación ambas políticas propuestas, considerando el Modelo 2 de 18 semanas.

**Figura 22: Comparación política actual con políticas opcionales de precios, modelo de 18 semanas.**



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de este modelo, los rendimientos disminuyen en forma drástica. Se extrae de la figura que pasado pocos periodos ya no se registran ventas, con ninguna de las políticas propuestas (1 y 2), a pesar de existir stock presente para el producto en cuestión. La siguiente tabla muestra los resultados globales.

**Tabla 36: Información registrada para el uso de la política actual junto con las 2 políticas propuestas con el uso de la demanda para el modelo 2, para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

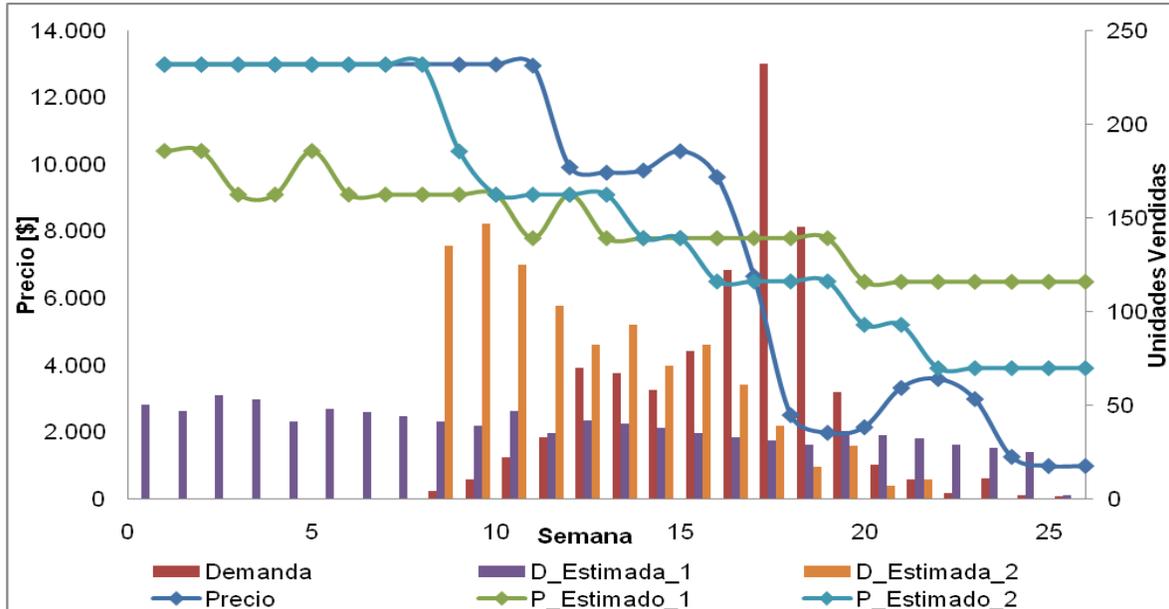
	Datos Registrados	Datos Política precio 1	Datos Política precio 2
<b>Ingresos</b>	\$ 5.426.543	\$ 1.922.520	\$ 3.303.926
<b>Unidades Vendidas</b>	944	148	273
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	56	852	727
<b>Precio promedio</b>	\$ 5.748	\$ 12.990	\$ 12.102

Fuente: Elaboración propia.

Para el modelo de 18 semanas, ninguna de las políticas propuestas entrega un mejor resultado que la que actualmente tiene la tienda.

Por último se muestra una comparación de los resultados óptimos obtenidos tanto con el modelo 1, de 26 semanas, como con el modelo 2, de 18 semanas, junto con la política actual.

**Figura 23: Comparación política actual con resultados obtenidos para modelo 1 y modelo 2.**



Fuente: Elaboración propia.

En la figura se observan diferencias substanciales entre ambos modelos. El modelo 1 muestra una demanda casi uniforme, mientras que el 2, al partir la venta unas semanas después del comienzo de la temporada, el movimiento de la demanda es más fluctuante. La siguiente tabla muestra un resumen de los resultados obtenidos al final de la temporada.

**Tabla 37: Información registrada para el uso de la política actual junto con resultados óptimos obtenidos para modelo 1 y modelo 2 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

	Datos Registrados	Datos Modelo 1 Óptimos	Datos Modelo 2 Óptimos
<b>Ingresos</b>	\$ 5.426.543	\$ 8.217.474	\$ 8.349.972
<b>Unidades Vendidas</b>	944	979	1.000
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	56	21	0
<b>Precio promedio</b>	\$ 5.748	\$ 8.394	\$ 8.350

Fuente: Elaboración propia.

Al observar los resultados globales, ambos modelos muestran mejoras en los resultados comparados con la política actual. El modelo 1 presenta un más alto valor promedio que el modelo 2, pero éste último en conjunto obtiene mayores ingresos, junto con evitar quedar con productos en stock al final de la temporada, lo cual puede acarrear costos para la tienda por departamento. Sin embargo el modelo 1 debido al stock con que finaliza, podría captar el efecto de los “robos hormiga” y las mermas de productos por algunas fallas o problemas de fabricación de estos. El modelo 1 presenta un aumento del ingreso en un 51% comparado con la política actual, mientras que el modelo 2 registra un aumento 54%.

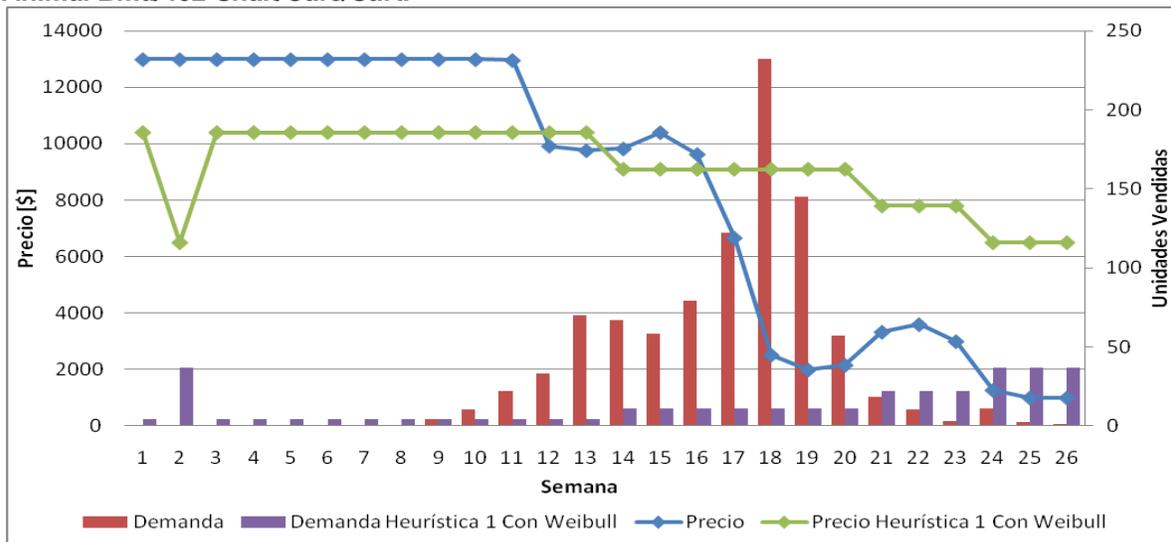
### 8.6.2 Evaluación para Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail

En primer caso se mostrarán los resultados para el escenario con el efecto del precio de reserva (distribución Weibull  $F(p)$ ) y luego sin considerar este caso.

#### **Caso $\hat{\lambda}_r(p)$ con distribución Weibull incluida.**

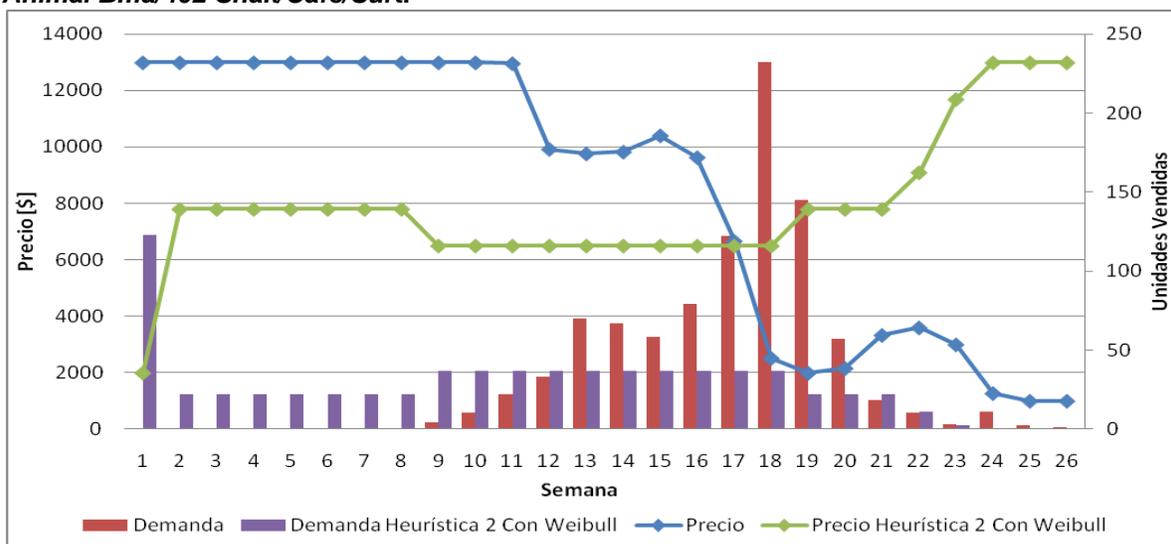
Se mostrarán gráficamente los resultados para las 3 heurísticas planteadas por el modelo bajo este escenario.

**Figura 24: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 1 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**



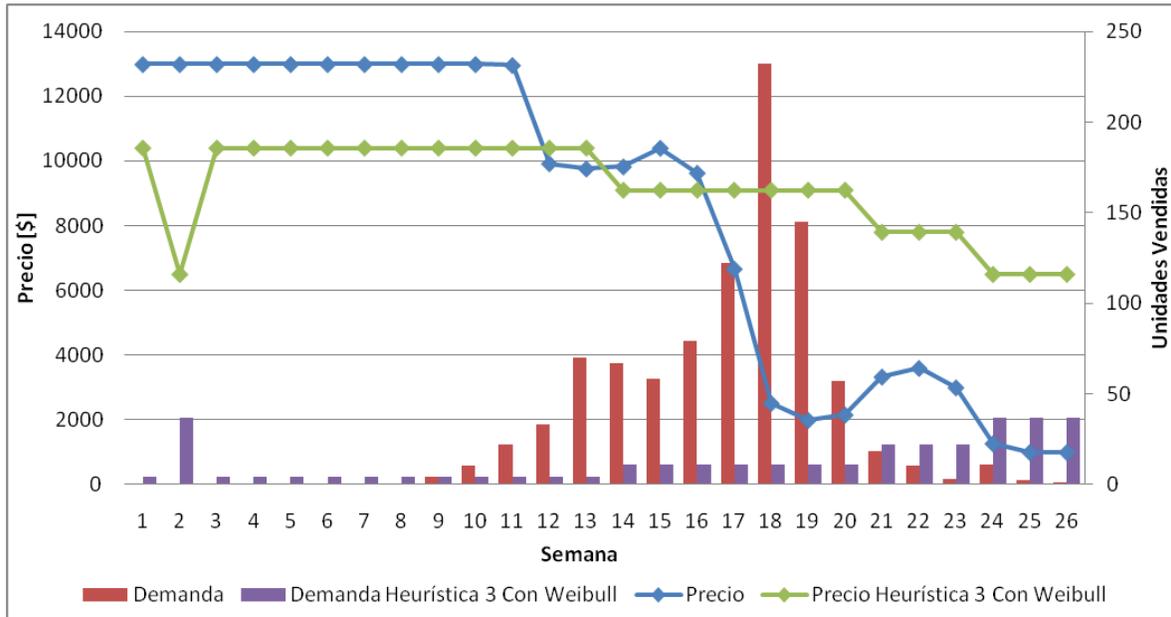
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 25: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 2 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 26: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 3 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**



Fuente: Elaboración Propia.

Directo de observar los resultados de las 3 heurísticas, se obtiene que las demandas obtenidas son muy por debajo de lo registrado. Para analizar globalmente, a continuación un resumen de los resultados obtenidos al final del periodo.

**Tabla 38: Información registrada para el uso de la política actual junto con resultados óptimos obtenidos para las heurísticas 1, 2 y 3 con distribución Weibull incluida para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

	Datos Registrados	Heurística 1	Heurística 2	Heurística 3
<b>Ingresos</b>	\$ 5.426.543	\$ 2.674.641	\$ 4.486.005	\$ 2.674.641
<b>Unidades Vendidas</b>	944	339	726	339
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	56	661	274	661
<b>Precio promedio</b>	\$ 5.748	\$ 7.890	\$ 6.179	\$ 7.890

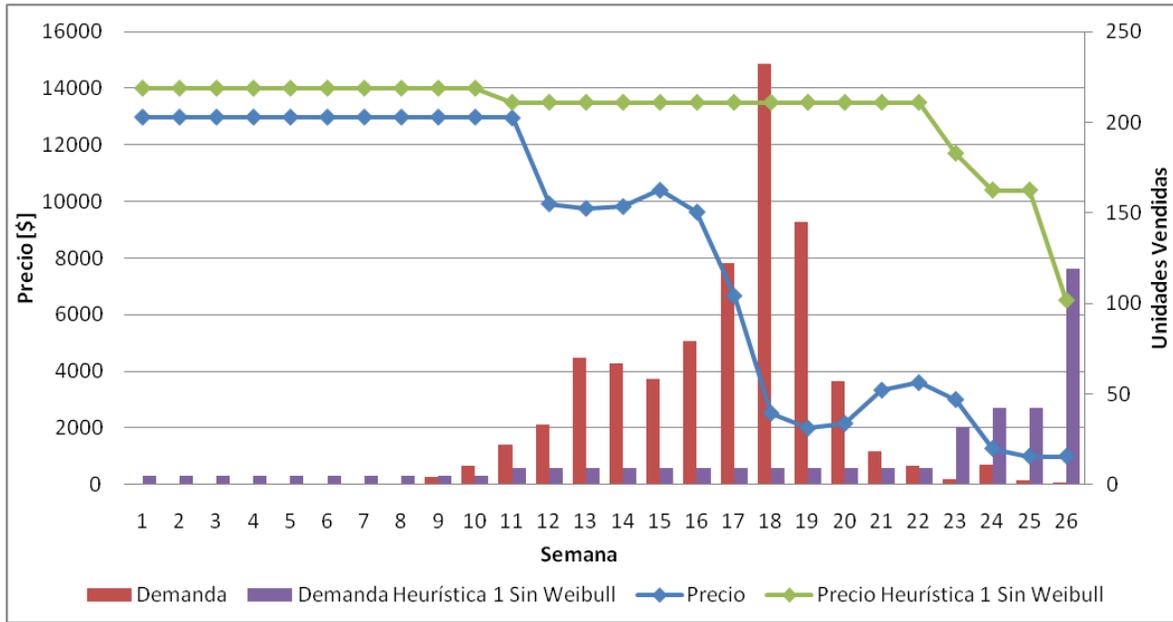
Fuente: Elaboración Propia.

De ella se obtiene que si bien el precio promedio es mejor en el caso de cualquiera de las heurísticas, los ingresos obtenidos están muy por debajo del que se tiene con la actual política, además de provocar que el stock al final de la temporada, con las heurísticas, sea muy alto, lo cual acarrea costos a la multitienda.

**Caso  $\hat{\lambda}_k(p)$  sin distribución Weibull incluida.**

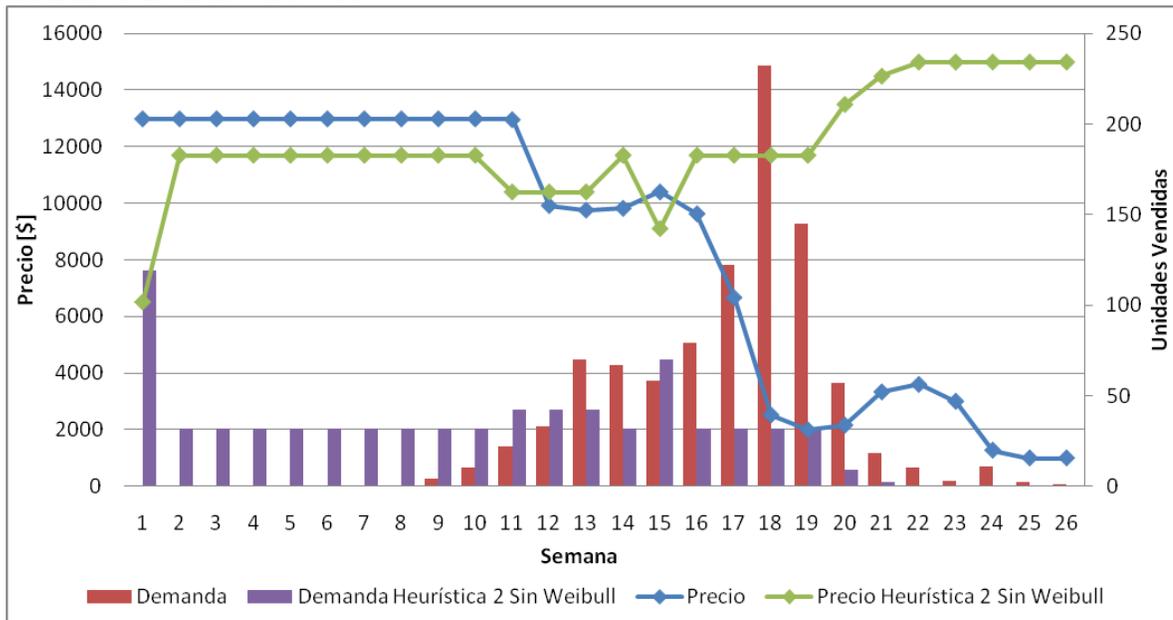
A continuación bajo el escenario sin precio de reserva se mostrarán los resultados para las 3 heurísticas.

**Figura 27: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 1 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**



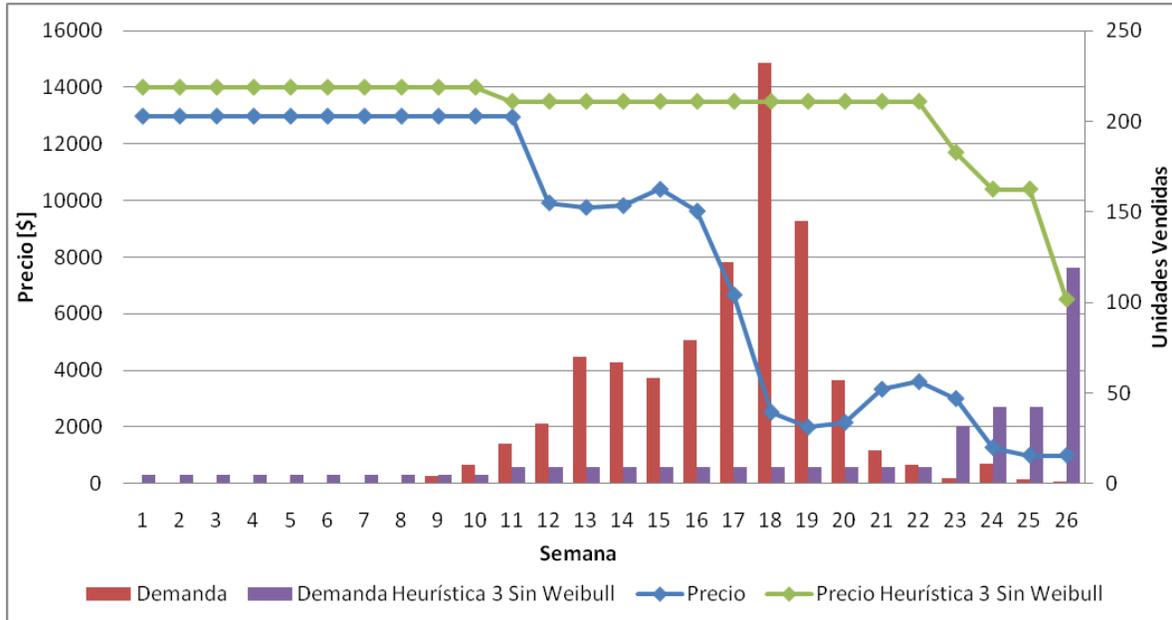
Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 28: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 2 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 29: Comparación realidad v/s resultados obtenidos heurística 3 para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**



Fuente: Elaboración Propia.

Comparando las figuras anteriores, se tiene que a pesar de no considerar el efecto de la distribución Weibull, los resultados entregados son peores que la política actual utilizada, pues la demanda es mucho menor que la actual. A continuación la tabla muestra los resultados generales.

**Tabla 39: Información registrada para el uso de la política actual junto con resultados óptimos obtenidos para las heurísticas 1, 2 y 3 sin distribución Weibull incluida para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

	Datos Registrados	Heurística 1	Heurística 2	Heurística 3
<b>Ingresos</b>	\$ 5.426.543	\$ 4.176.365	\$ 8.106.765	\$ 4.176.365
<b>Unidades Vendidas</b>	944	393	774	393
<b>Unidades en Stock al final de la temporada</b>	56	607	226	607
<b>Precio promedio</b>	\$ 5.748	\$ 10.626	\$ 10.474	\$ 10.626

Fuente: Elaboración Propia.



Como se puede observar en la tabla resumen, el modelo no presenta resultados positivos para el caso en estudio, bajo cualquiera de los escenarios planteados, lo cual desestima este modelo para ser utilizado en este tipo de problemas, a pesar de estar formulado para este tipo de pricing.

De hecho se muestra que subestima las demandas, ya que la cantidad de productos vendida, maximizando los ingresos es muy por debajo de lo registrado. Además existen inconsecuencias como las que muestra la Heurística 2 en cualquiera de sus casos, en que la solución que maximiza los ingresos propone precios bajos en los primeros periodos, para luego ir aumentando el precio hacia el fin de la temporada, lo cual contradice del todo al objetivo del problema y a la lógica que presentan los precios en este tipo de productos.

## **9 CONCLUSIONES**

---

### **9.1 CONCLUSIONES GENERALES**

La presente memoria una metodología para definir precios en el tiempo para un producto de moda considerando datos de una tienda por departamento para cierto producto.

A través de los análisis realizados se observa que las políticas de precios actualmente no están bien definidas, y más bien están influenciadas por las promociones y/o liquidaciones realizadas por la tienda por departamento, las cuales en general son una respuesta a como el mercado de las tiendas por departamento funciona debido a la alta competencia presente entre los pocos competidores existentes en el mercado. Además el hacer un adecuado manejo de los precios se ve aún más dificultado a que estas promociones y/o liquidaciones se ven planificadas con antelación y por lo general responden a un calendario anual que se repite año a año, en donde los mayores participantes del mercado son quienes llevan el liderazgo sobre las temporadas y tipo de promociones que se realizan.

Respecto a la metodología se observó gran complejidad en el trabajo del manejo y filtro de los datos con respecto a los datos erróneos, pues supone que según la metodología KDD planteada para la resolución de problemas de Data Mining, es importante descartar de los datos valores que salgan de los rangos o que presenten mucha distorsión en comparación con los otros datos. En este caso el realizar este procedimiento hubiese implicado desechar importante información, ya que estos datos fuera de rango son los que muestran de forma clara como los precios pueden estar siendo mal fijados y sus efectos en las ventas, o como en otras circunstancias los efectos más importantes con respecto a la demanda no

están influenciados por el precio, sino que con las promociones y/o liquidaciones publicitadas.

En particular se observó que existen casos en que el efecto publicitario afecta de manera más importante que el precio, lo cual entrega distorsiones a los posibles modelos a utilizar que basen su demanda solo en el precio o periodo, ya que existen factores externos a estas variables que afectan la demanda.

## 9.2 CONCLUSIONES SOBRE LOS MODELOS UTILIZADOS

### 9.2.1 Conclusiones para Modelo de resolución simple (Regresión Lineal)

El modelo planteado es sencillo y fácil de aplicar lo cual hace cómodo su uso y poco costoso. Se considera podría ser, en principio, una buena ayuda para realizar pricing para productos de moda, pudiendo generalizar el modelo para ciertos productos con diferentes escalas de precios, pues al realizar las indagaciones en los datos se observó que se poseen productos básicamente dentro de 3 rangos de precios, uno alto, otro medio y uno bajo. Además, dada las variables consideradas en el modelo el valor de  $R^2$  obtenido es aceptable, pues aumentar el número de variables podría mejorar este resultado.

Este modelo podría ser mejorado agregando variables de publicidad, pues según lo revisado no sólo las promociones y/o liquidaciones afectan las ventas, sino que el efecto publicitario afecta de manera importante las ventas (dependiendo del medio utilizado de publicidad).

### 9.2.2 Conclusiones para Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail

El modelo presenta serias deficiencias en sus resultados, a pesar de hacer diferentes consideraciones, como por ejemplo quedo plasmado en este trabajo, de escenarios bajo diferentes condiciones (consideración precio de reserva).

Las estimaciones de demanda no se ajustan a los datos reales, y al resolver el problema de programación dinámica utilizando este modelo, los resultados no presentan ninguna similitud con la realidad.

Las razones que se esgriman para explicar esta situación se basan principalmente en los datos utilizados, puesto que como se mencionó se poseen datos fuera de rango, los cuales no pueden ser eliminados, puesto que aportan información fundamental con respecto al pricing que actualmente realiza la tienda por departamento.

Otro factor puede ser el hecho de que las tasas de compra no son decrecientes en el precio. Si bien el modelo no especifica que se deba cumplir esta condición, el problema presupone que esa es la lógica que deberían llevar los precios, sin embargo al realizar los cálculos de estas tasas se puede observar que no

presentaban este comportamiento. Esto nuevamente lleva al punto de que los datos fuera de rango pueden estar afectando los resultados.

### 9.3 LIMITACIONES DEL MODELO

#### 9.3.1 Limitaciones para Modelo de resolución simple (Regresión Lineal)

Se observa que la estimación puntual de la demanda período por período no es buena, lo cual puede llevar a errores en la forma de llevar los precios, pudiendo sobreestimar algunos resultados.

También influye el hecho de que al ser 2 variables las utilizadas, este modelo es muy sensible a sus variaciones, lo cual agrega inestabilidad al modelo.

#### 9.3.2 Limitaciones para Modelo de fijación de precios para productos perecibles en una cadena de Retail

Se presupone que bajo ciertas condiciones (como se expresa en el documento en el cual se plantea este modelo) el modelo funciona, pero como se observa en este caso, está limitado a ciertas situaciones y no se ajusta necesariamente a la realidad, por lo que no sería aplicable para cualquier producto de moda.

Se realizan muchos supuestos con respecto a los datos, lo cual agrega inestabilidades e incertezas a la aplicación del modelo, pudiendo ser estas las causas de que en este trabajo el modelo no haya presentado ninguna mejoría con respecto a la situación actual.

Además es cara la resolución en términos de recursos computacionales, lo cual dificulta, a diferencia del otro modelo, la aplicación de éste a diferentes productos.

En este modelo es fundamental la estimación de la demanda, por lo tanto es un punto crítico este proceso. Así una solución podría ser buscar una mejor estimación de la demanda, ya sea a través de encontrar mejor calidad de datos para poder obtener tasas de compra que sean consecuentes al problema planteado, o tratando de suavizar las curvas de demanda con el fin de no tener cambios drásticos en la demanda con pequeñas diferencias en los precios.

## 10 BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

---

- [1] BUSTOS TURU, CLAUDIA GABRIELA. “Determinación de Precios Base para una Categoría de Productos”. Memoria (Ingeniería Civil Industrial). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2006.
- [2] CALDENTEY MORALES, RENÉ ANTONIO. “Políticas de Precios para Bienes Perecibles”. Memoria (Ingeniería Civil Industrial) Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1995.
- [3] BITRÁN, GABRIEL (Sloan School of Management, MIT, Cambridge) and CALDENTEY, RENÉ (Stern School of Business, New York University). “An Overview of Pricing Models for Revenue Management”. Diciembre 2002.
- [4] BITRÁN, GABRIEL; CALDENTEY, RENÉ and MONDSCHHEIN, SUSANA. “Coordinating Clearance Markdown Sales of Seasonal Products in Retail Chains”, publicado en Operations Research, Volumen 46, N° 5, páginas 609-622, año 1998.
- [5] YANKOVIĆ BARCELÓ, NATALIA. “Revenue Management en la Industria del Servicio: Política Óptima para un Problema de Arriendos”. Memoria (Ingeniería Civil Industrial). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2002.
- [6] Página corporativa CENCOSUD, [www.cencosud.cl](http://www.cencosud.cl). Fecha visita: 24 de Octubre 2008.
- [7] “Métodos Cuantitativos de Organización Industrial II”, Ediciones UPC, 2002. Páginas 99-100.
- [8] BOSCH, MÁXIMO. 2007. Apuntes IN58A: Gestión Comercial.
- [9] MAGLARAS, CONSTANTINOS; MEISSNER, JOERN. “Dynamic Pricing Strategies for Multiproduct Revenue Management Problems”, publicado en Manufacturing & Service Operations Management, Volumen 8, N°2, páginas 136-148, año 2006.
- [10] PARADA TRONCOSO, GILLERMO ANDRÉS. “Políticas Dinámicas de Precio en Mercados Competitivos”. Memoria (Ingeniería Civil Industrial) y Tesis (Magister en Gestión de Operaciones), Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2005.
- [11] BITRÁN, GABRIEL; CALDENTEY, RENÉ and VIAL, RAIMUNDO. “Pricing Policies for Perishable Products with Demand Substitution”

- [12] BITRÁN R, GABRIEL; MONDSCHHEIN, SUSANA V. "Pricing Perishable Products: An Application to the Retail Industry".
- [13] PERAKIS, GEORGIA and SOOD, ANSHUL. "Dynamic Pricing in a Competitive Environment".
- [14] HALL, JOSEPH M.; KOPALLE, PRAVEEN K. and KRISHNA, ARADHNA. "A Category Management Model of Retailer Dynamic Pricing And Ordering Decisions: Normative And Empirical Analysis".
- [15] MORALES OLAVARRÍA, CRISTIÁN. "Metodología de Estimación de Demanda para Productos Tecnológicos". Memoria (Ingeniería Civil Industrial), Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 2009.
- [16] Página de apuntes para Microeconomía, Douglas Ramírez, [http://webdelprofesor.ula.ve/economia/dramirez/MICRO/FORMATO\\_PDF/Materialmicroeconomia/Demanda\\_precios\\_reserva.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/economia/dramirez/MICRO/FORMATO_PDF/Materialmicroeconomia/Demanda_precios_reserva.pdf), Fecha de visita: 25 Septiembre de 2009.

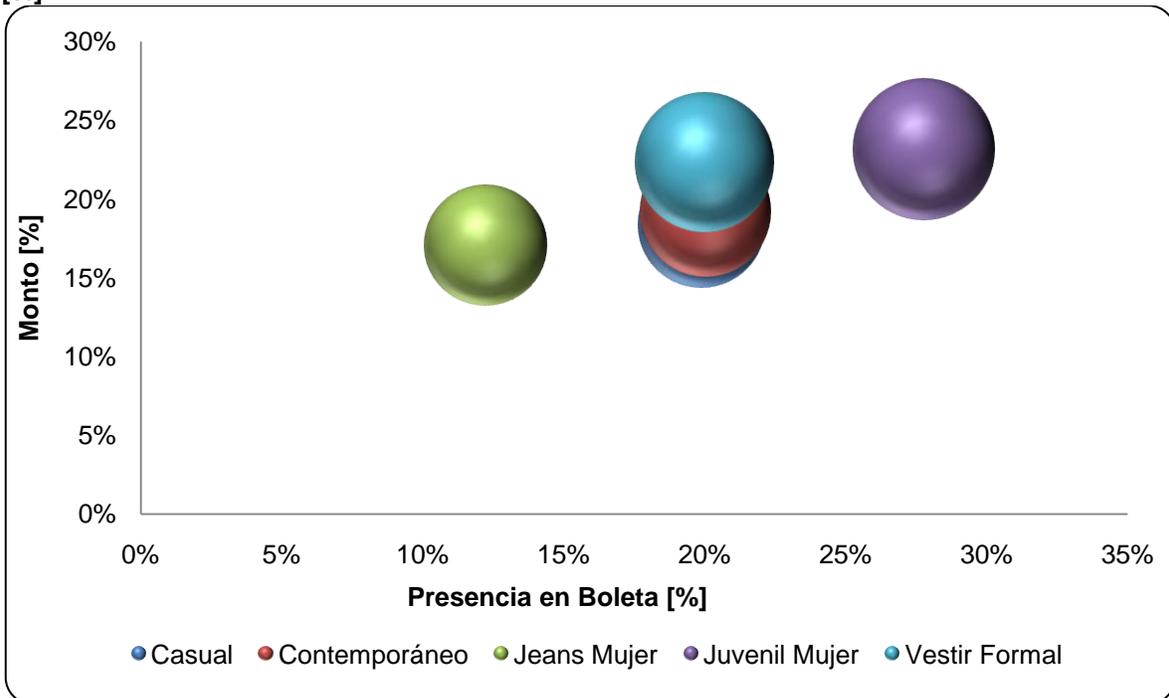
## 11 ANEXOS

**Anexo 1: Composición porcentual del número de SKU por categoría.**

Categoría	Número de SKU [%]
Accesorios Femeninos	9%
Calzado	4%
Deco-Hogar	6%
Deportes	7%
Electro-Hogar	1%
Infantil	9%
N	7%
Sin Descripción	1%
Tecnología	1%
Varios	1%
Vestuario Femenino	33%
Vestuario Masculino	20%

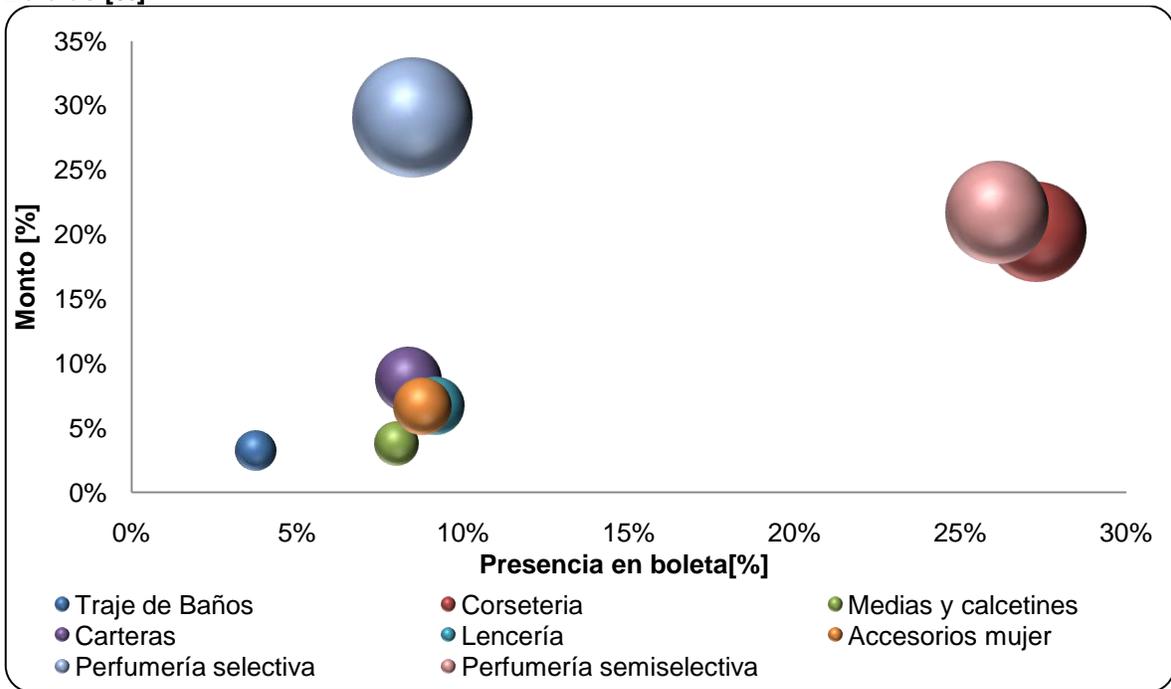
*Fuente: Elaboración Propia.*

**Anexo 2: Análisis Categoría Vestuario Femenino por Monto [%] v/s Presencia en Boletas [%].**



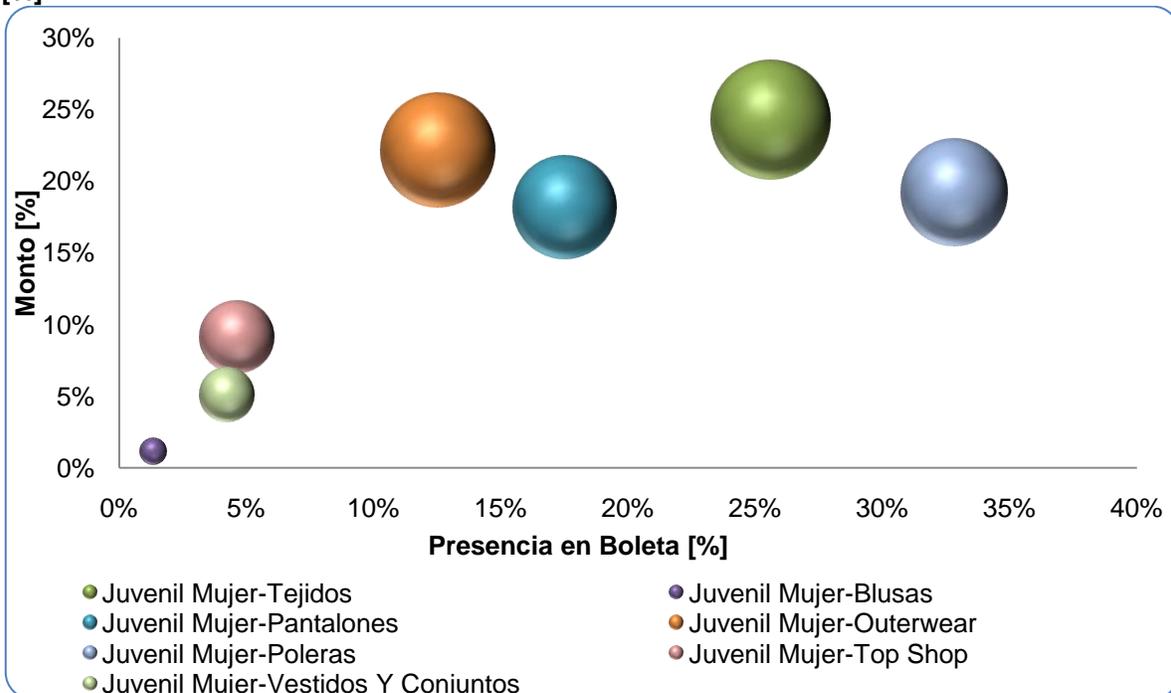
*Fuente: Elaboración Propia.*

**Anexo 3: Análisis Categoría Accesorios Femeninos por Monto [%] v/s Presencia en Boletas [%].**



Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 4: Análisis Departamento Juvenil Mujer por Monto [%] v/s Presencia en Boletas [%].**



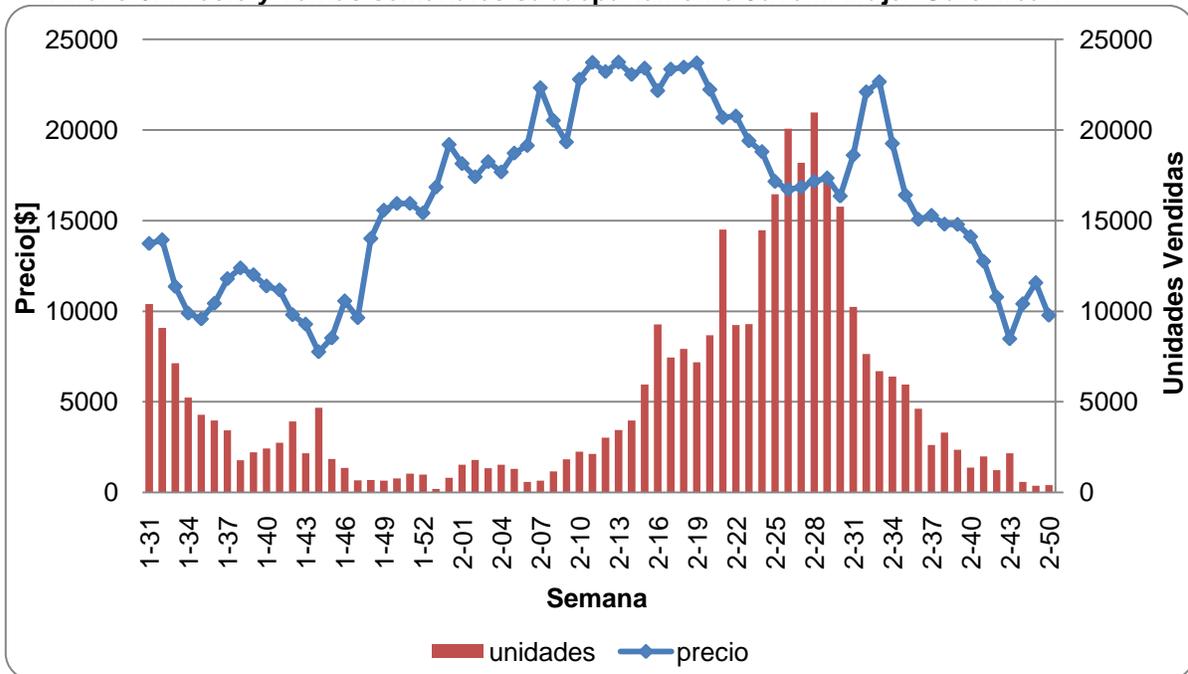
Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 5: Composición porcentual del número de SKU en Departamento Juvenil mujer.**

Departamento	Número de SKU [%]
Casual	21%
Contemporáneo	14%
Jeans Mujer	14%
Juvenil Mujer	21%
Vestir Formal	30%

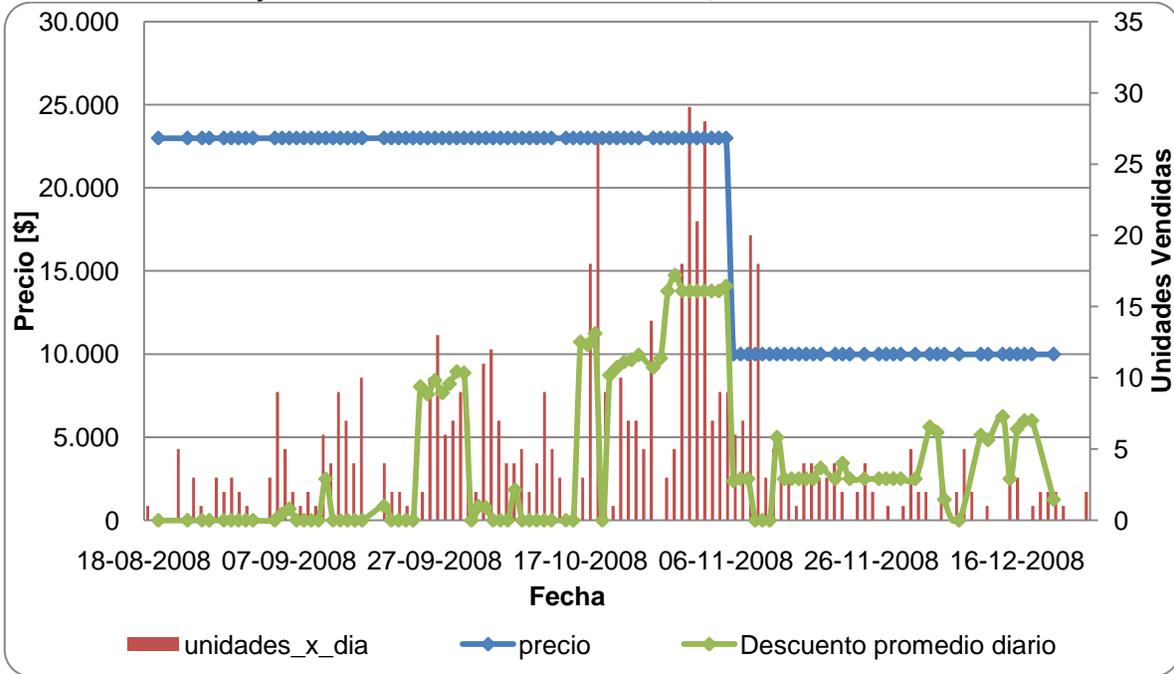
Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 6: Precio y ventas semanales subdepartamento Juvenil Mujer-Outerwear.**



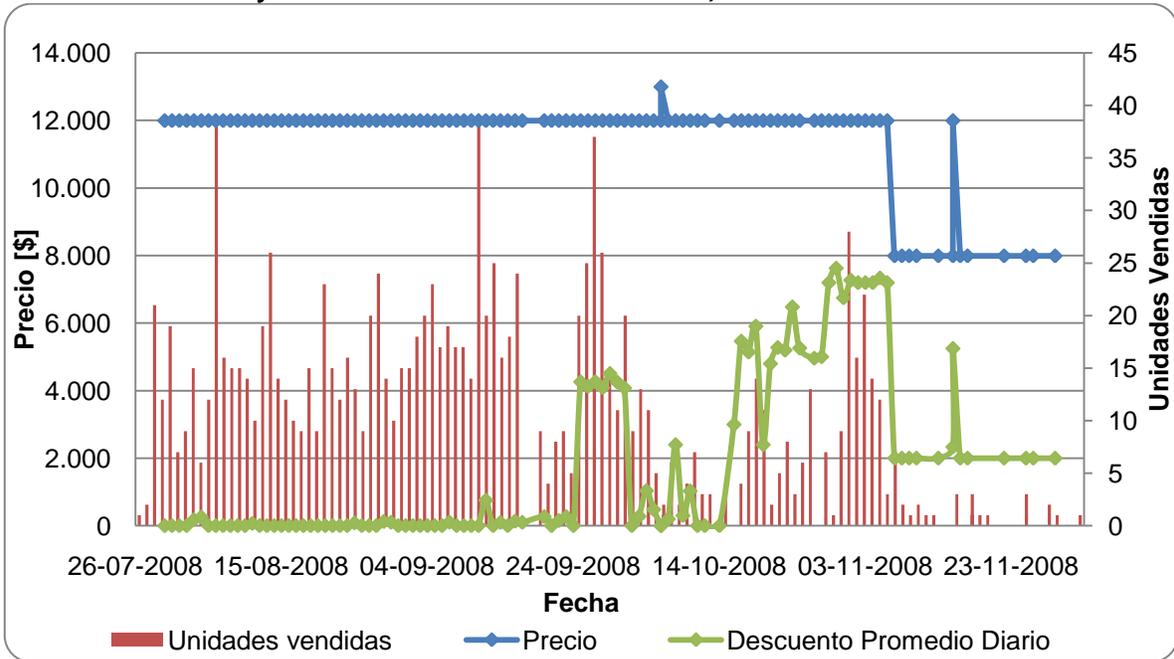
Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 7: Precio y demanda a nivel diario SKU 67951, Casaca 601-CSA-V02/Pink/S.**



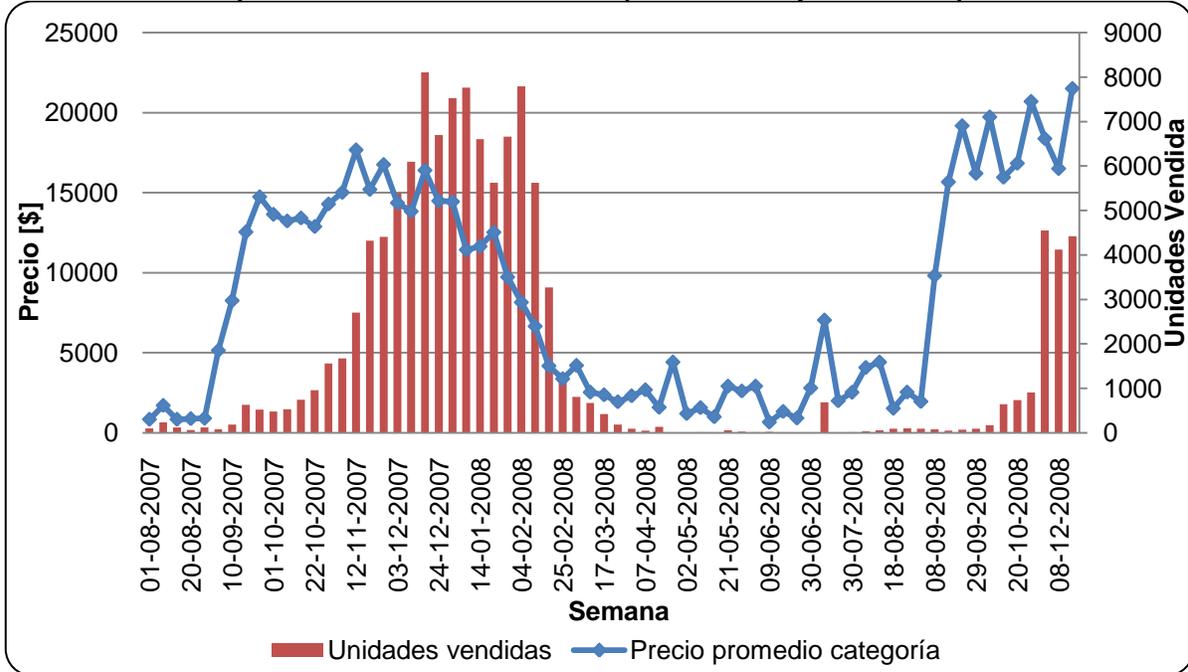
Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 8: Precio y demanda a nivel diario SKU 72478, Parka 601-PK-V02/White/Surt.**



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 9: Precio y demanda a nivel semanal Subdepartamento Trajes de baño 2 piezas.



Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 10: Prueba Modelación de Regresión Lineal variables Precio-Demanda SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.

Modelo	Coeficientes						
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	B	Error típ.
1 (Constante)	40,800	29,856		1,367	0,181	-20,015	101,615
Precio promedio	0,009	0,009	0,173	0,993	0,328	-0,010	0,029

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 11: Prueba Modelación de Regresión Lineal variables Precio-Demanda SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

Modelo	Coeficientes						
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	B	Error típ.
1 (Constante)	31,844	17,217		1,850	0,077	-3,772	67,460
Precio Promedio	0,001	0,003	0,110	0,530	0,601	-0,004	0,007

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 12: Prueba Modelación de Regresión Lineal variables Variación Precio[%]-Demanda SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**

Modelo	Coeficientes						
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	B	Error típ.
1 (Constante)	85,499	41,502		2,060	0,048	0,854	170,143
% variación	-17,028	38,042	-0,080	-0,448	0,658	-94,616	60,560

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 13: Prueba Modelación de Regresión Lineal variables Variación Precio[%]-Demanda SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

Modelo	Coeficientes						
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	B	Error típ.
1 (Constante)	55,898	18,874		2,962	0,007	16,757	95,039
% variación	-14,892	13,960	-0,222	-1,067	0,298	-43,844	14,060

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 14: Prueba Modelación de Regresión Lineal (Datos Semanales) variables Promociones multitienda-Demanda SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error típ.	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	-39,477	19,638		-2,010	0,055	-79,923	0,968
	Precio promedio	0,006	0,004	0,112	1,588	0,125	-0,002	0,014
	% variación	24,152	14,184	0,114	1,703	0,101	-5,061	53,366
	D Li-Verano1-2008	114,478	27,486	0,311	4,165	0,000	57,869	171,086
	D Li-Verano2-2008	-27,123	39,717	-0,074	-0,683	0,501	-108,922	54,676
	D 5DR	21,975	18,617	0,090	1,180	0,249	-16,367	60,316
	D Li-Final	-22,641	26,927	-0,084	-0,841	0,408	-78,098	32,817
	DdaAnt	0,895	0,132	0,895	6,770	0,000	0,622	1,167

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 15: Prueba Modelación de Regresión Lineal (Datos Semanales) variables Promociones multitienda-Demanda SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
		B	Error típ.	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	(Constante)	-8,243	16,018		-0,515	0,614	-42,198	25,713
	Precio Promedio	0,002	0,002	0,171	1,141	0,271	-0,002	0,007
	% variación	-2,587	8,412	-0,039	-0,308	0,762	-20,419	15,246
	D Li-Verano1-2008	25,613	28,980	0,126	0,884	0,390	-35,823	87,048
	D Li-Verano2-2008	18,386	29,969	0,090	0,613	0,548	-45,147	81,918
	D 5DR	55,516	19,319	0,368	2,874	0,011	14,561	96,470
	D Li-Final	19,353	35,131	0,128	0,551	0,589	-55,121	93,827
	DdaAnt	0,610	0,232	0,610	2,630	0,018	0,118	1,102

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 16: Prueba Modelación de Regresión Lineal (Datos Diarios) variables Promociones multitienda-Demanda SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1 (Constante)	22,053	5,051		4,366	0,000	12,066	32,040
Precio Promedio	0,000	0,001	-0,001	-0,017	0,987	-0,001	0,001
% variación P	-18,192	4,568	-0,219	-3,982	0,000	-27,225	-9,159
D Li-Verano1-2008	13,510	3,893	0,228	3,470	0,001	5,812	21,208
D Li-Verano2-2008	9,553	3,518	0,173	2,716	0,007	2,598	16,508
D 5DR	1,567	2,719	0,033	0,576	0,565	-3,809	6,943
D Li-Final	4,306	2,721	0,100	1,583	0,116	-1,073	9,686
DdaAnt	0,565	0,070	0,566	8,099	0,000	0,427	0,703

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 17: Prueba Modelación de Regresión Lineal (Datos Diarios) variables Promociones multitienda-Demanda SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1 (Constante)	9,385	3,017		3,110	0,002	3,397	15,373
Promedio Promedio	0,000	0,000	-0,003	-0,046	0,963	0,000	0,000
% variación P	-8,052	2,566	-0,193	-3,138	0,002	-13,144	-2,960
D Li-Verano1-2008	3,016	2,297	0,091	1,313	0,192	-1,542	7,574
D Li-Verano2-2008	3,231	2,145	0,105	1,506	0,135	-1,027	7,488
D 5DR	5,852	2,909	0,139	2,012	0,047	0,080	11,624
D Li-Final	5,611	2,197	0,224	2,554	0,012	1,252	9,971
DdaAnt	0,601	0,079	0,601	7,631	0,000	0,444	0,757

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 18: Prueba Modelación de Regresión Lineal (Datos Diarios) variables Precio-Variación Precio [%]-Demanda SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	B	Error típ.
1 (Constante)	60,547	26,831		2,257	0,037	4,178	116,916
precio	-0,001	0,018	-0,005	-0,035	0,973	-0,039	0,038
dia	-1,689	0,231	-0,857	-7,313	0,000	-2,174	-1,204
% var	-21,406	25,552	-0,130	-0,838	0,413	-75,087	32,276

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 19: Prueba Modelación de Regresión Lineal (Datos Diarios) variables Precio-Variación Precio [%]-Demanda SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	B	Error típ.
1 (Constante)	30,003	18,913		1,586	0,132	-10,091	70,097
precio	0,015	0,011	0,248	1,405	0,179	-0,008	0,038
dia	-2,210	0,396	-0,855	-5,577	0,000	-3,051	-1,370
% var	-19,141	17,221	-0,186	-1,111	0,283	-55,647	17,366

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 20: Prueba 1 Programación dinámica, Niveles de Precio y Demanda.**

	Precio	Demanda
Opción 1	100	60
Opción 2	120	46
Opción 3	150	5

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 21: Prueba 1 Programación dinámica, Periodo 1.**

	Opción 1	Opción 2	Opción 3		
Precio	100	120	150		
Demanda	60	46	25	B*	Mejor Opción
Estado (stock)	B1	B2	B3		
100	12000	13020	13020	13020	P2,P3

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 22: Prueba 1 Programación dinámica, Periodo 2.**

	Opción 1	Opción 2	Opción 3		
Precio	100	120	150		
Demanda	60	46	25	B*	Mejor Opción
Estado (stock)	B1	B2	B3		
40	4000	4800	6000	6000	P3
54	5400	6720	7500	7500	P3
75	8250	9270	9270	9270	P3

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 23: Prueba 1 Programación dinámica, Periodo 3.**

	Opción 1	Opción 2	Opción 3		
Precio	100	120	150		
Demanda	60	46	25	B*	Mejor opción
Estado (stock)	B1	B2	B3		
0	0	0	0	0	P1,P2,P3,P4
8	800	960	1200	1200	P3
15	1500	1800	2250	2250	P3
29	2900	3480	3750	3750	P3
50	5000	5520	3750	5520	P2

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Anexo 24: Prueba 1 Programación dinámica, Mejores Opciones.**

Mejor resultado

Ingreso:	12000		
	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
Opciones	P2	P3	P3
	P3	P3	P2

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Anexo 25: Prueba 2 Programación dinámica, Niveles de Precio y Demanda.**

	Precio	Demanda
Opción 1	100	80
Opción 2	200	30
Opción 3	250	5

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Anexo 26: Prueba 2 Programación dinámica, Periodo 1.**

	Opción 1	Opción 2	Opción 3		
Precio	100	200	250		
Demanda	80	30	5	B*	Mejor Opción
Estado (stock)	B1	B2	B3		
150	20000	20000	15750	20000	P1,P2

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Anexo 27: Prueba 1 Programación dinámica, Periodo 2.**

	Opción 1	Opción 2	Opción 3		
Precio	100	200	250		
Demanda	80	30	5	B*	Mejor Opción
Estado (stock)	B1	B2	B3		
70	7000	12000	7750	12000	P2
120	14000	14000	9250	14000	P2
145	14500	14000	9250	14500	P1

Fuente: Elaboración Propia.

### Anexo 28: Prueba 1 Programación dinámica, Periodo 3.

	Opción 1	Opción 2	Opción 3		
Precio	100	200	250		
Demanda	80	30	5	B*	Mejor opción
Estado (stock)	B1	B2	B3		
0	0	0	0	0	P1,P2,P3
40	4000	6000	1250	6000	P2
65	6500	6000	1250	6500	P1
90	8000	6000	1250	8000	P1
115	8000	6000	1250	8000	P1
140	8000	6000	1250	8000	P1

Fuente: Elaboración Propia.

### Anexo 29: Prueba 1 Programación dinámica, Mejores Opciones.

#### Mejor resultado

Ingreso: 20000

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
Opciones	P1	P2	P2
	P2	P2	P1

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 30: Prueba Modelo Resolución simple para SKU 467304, TB BIK BAS08OPP-011/LIME/SURT para datos diarios de desde 06-02-2008 a 28-02-2008, Regresión Lineal.

Modelo	Coeficientes							
	Coeficientes no estandarizados			Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%	
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	B	Error típ.	
1 (Constante)	76,923	34,346		2,240	0,037	5,278	148,569	
Precio	-0,018	0,018	-0,117	-0,999	0,330	-0,055	0,019	
Día	-2,034	0,279	-0,850	-7,283	0,000	-2,617	-1,451	

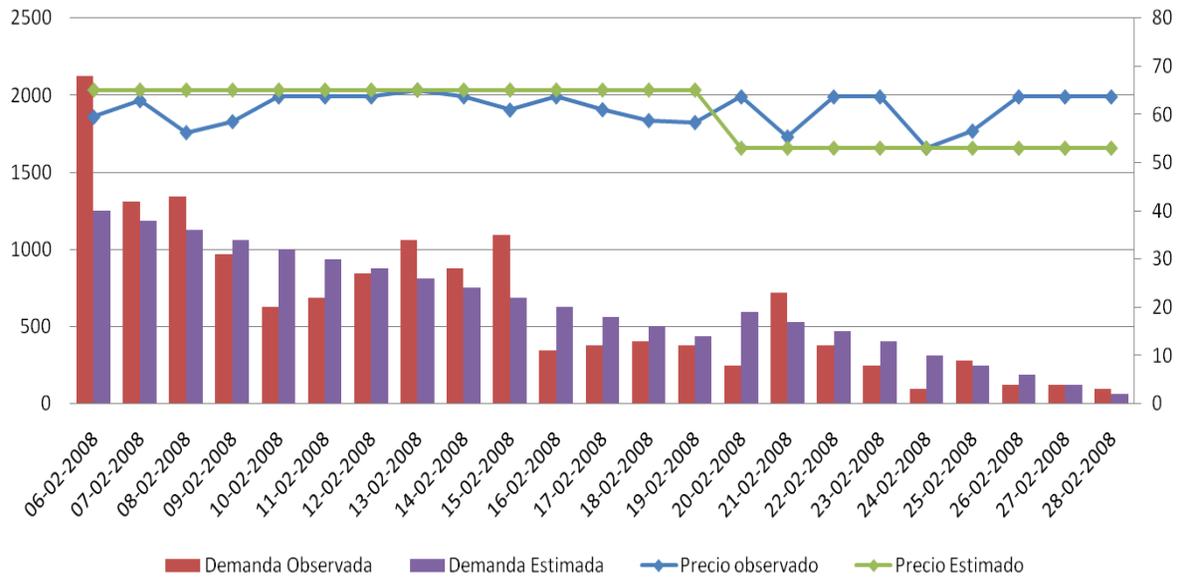
Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 31: Prueba Modelo Resolución simple para SKU 467304, TB BIK BAS08OPP-011/LIME/SURT para datos diarios de desde 06-02-2008 a 28-02-2008, Niveles de Precio y demandas estimadas por periodo.**

	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
<b>Precios</b>	<b>1.658</b>	<b>1.783</b>	<b>1.908</b>	<b>2.034</b>
Demanda 1	47	45	43	40
Demanda 2	45	43	41	38
Demanda 3	43	41	39	36
Demanda 4	41	39	36	34
Demanda 5	39	37	34	32
Demanda 6	37	35	32	30
Demanda 7	35	33	30	28
Demanda 8	33	31	28	26
Demanda 9	31	29	26	24
Demanda 10	29	27	24	22
Demanda 11	27	24	22	20
Demanda 12	25	22	20	18
Demanda 13	23	20	18	16
Demanda 14	21	18	16	14
Demanda 15	19	16	14	12
Demanda 16	17	14	12	10
Demanda 17	15	12	10	8
Demanda 18	13	10	8	6
Demanda 19	10	8	6	4
Demanda 20	8	6	4	2
Demanda 21	6	4	2	0
Demanda 22	4	2	0	0
Demanda 23	2	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 32: Prueba Modelo Resolución simple para SKU 467304, TB BIK BAS08OPP-011/LIME/SURT para datos diarios de desde 06-02-2008 a 28-02-2008, Comparación resultados situación real.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 33: Prueba Modelo Resolución simple para SKU 468081, ANIMAL BMA/402 SNAK/CAFE/SURT para datos diarios de desde 05-02-2008 a 24-02-2008, Regresión Lineal.**

Modelo	Coeficientes							
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados			Intervalo de confianza para B al 95%		
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.	B	Error típ.	
1 (Constante)	44,142	13,421		3,289	0,004	15,946	72,338	
precio	-0,003	0,006	-0,065	-0,447	0,660	-0,015	0,010	
dia	-1,902	0,351	-0,786	-5,415	0,000	-2,641	-1,164	

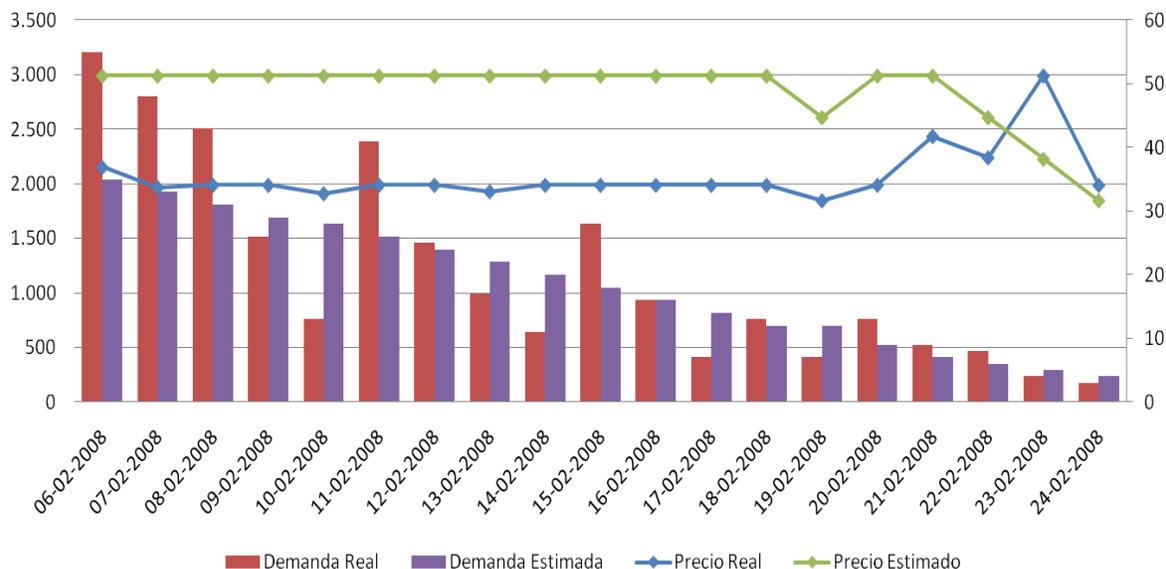
Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 34: Prueba Modelo Resolución simple para SKU 468081, ANIMAL BMA/402 SNAK/CAFE/SURT para datos diarios de desde 05-02-2008 a 24-02-2008, Niveles de Precio y demandas estimadas por periodo.**

	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4
<b>Precios</b>	<b>1.848</b>	<b>2.229</b>	<b>2.610</b>	<b>2.991</b>
<b>Demanda 1</b>	39	37	36	35
<b>Demanda 2</b>	37	36	34	33
<b>Demanda 3</b>	35	34	33	31
<b>Demanda 4</b>	33	32	31	29
<b>Demanda 5</b>	31	30	29	28
<b>Demanda 6</b>	29	28	27	26
<b>Demanda 7</b>	27	26	25	24
<b>Demanda 8</b>	25	24	23	22
<b>Demanda 9</b>	23	22	21	20
<b>Demanda 10</b>	21	20	19	18
<b>Demanda 11</b>	20	18	17	16
<b>Demanda 12</b>	18	17	15	14
<b>Demanda 13</b>	16	15	13	12
<b>Demanda 14</b>	14	13	12	10
<b>Demanda 15</b>	12	11	10	9
<b>Demanda 16</b>	10	9	8	7
<b>Demanda 17</b>	8	7	6	5
<b>Demanda 18</b>	6	5	4	3
<b>Demanda 19</b>	4	3	2	1

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 35: Prueba Modelo Resolución simple para SKU 467304, SKU 468081, ANIMAL BMA/402 SNAK/CAFE/SURT para datos diarios de desde 05-02-2008 a 24-02-2008, Comparación resultados situación real.**



Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 36: Demandas estimadas para los 2 escenarios dado el precio real para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**

<b>Semana</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda estimada 1 a precio registrado</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda estimada 2 a precio registrado</b>
1	4.990	0	4.990	61	4.990	0
2	4.990	0	4.990	58	4.990	0
3	4.990	0	4.990	55	4.990	0
4	4.990	1	4.990	52	4.990	106
5	4.847	7	4.847	54	4.847	104
6	4.990	3	4.990	46	4.990	80
7	4.990	8	4.990	42	4.990	67
8	4.990	13	4.990	39	4.990	54
9	4.990	28	4.990	36	4.990	41
10	4.829	34	4.829	40	4.829	40
11	4.990	61	4.990	30	4.990	15
12	4.890	130	4.890	31	4.890	9
13	4.245	93	4.245	53	4.245	45
14	2.986	166	2.986	99	2.986	128
15	2.652	301	2.652	109	2.652	140
16	2.663	232	2.663	106	2.663	126
17	2.730	203	2.730	100	2.730	108
18	2.388	229	2.388	110	2.388	121
19	1.927	258	1.927	125	1.927	142
20	1.975	169	1.975	120	1.975	126
21	1.852	79	1.852	122	1.852	122
22	1.539	54	1.539	131	1.539	133
23	1.575	24	1.575	127	1.575	117
24	1.990	5	1.990	108	1.990	72
25	1.324	21	1.324	131	1.324	110
26	941	10	941	143	941	126
	<b>Ingreso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Unidades</b>
	\$ 5.955.643	2.129	\$ 5.953.296	2.128	\$ 5.961.363	2.132

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 37: Resumen resultados obtenidos para los diferentes escenarios para SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**

<b>Semana</b>	<b>Precio</b>	<b>Demanda</b>	<b>Precio Estimado_1</b>	<b>Demanda Estimada_1</b>	<b>Precio Estimado_2</b>	<b>Demanda Estimada_2</b>
1	4.990	0	3.493	119	4.990	0
2	4.990	0	3.493	116	4.990	0
3	4.990	0	3.493	113	4.990	0
4	4.990	1	2.994	130	3.992	182
5	4.847	7	2.994	127	3.992	169
6	4.990	3	2.994	124	3.992	156
7	4.990	8	2.994	120	3.992	143
8	4.990	13	2.994	117	3.493	168
9	4.990	28	2.994	114	3.493	155
10	4.829	34	2.994	111	3.493	141
11	4.990	61	2.994	108	3.493	128
12	4.890	130	2.994	105	3.493	115
13	4.245	93	2.994	102	2.994	140
14	2.986	166	3.493	80	2.994	127
15	2.652	301	3.493	76	2.994	114
16	2.663	232	3.493	73	2.994	101
17	2.730	203	2.994	90	2.994	88
18	2.388	229	2.994	87	2.994	74
19	1.927	258	2.994	84	2.495	99
20	1.975	169	2.994	81	2.495	86
21	1.852	79	2.994	78	2.495	73
22	1.539	54	2.994	75	2.495	60
23	1.575	24	2.994	71	2.495	47
24	1.990	5	2.994	68	2.495	34
25	1.324	21	2.994	65	1.996	58
26	941	10	2.994	62	1.990	42
	<b>Ingreso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Unidades</b>
	\$ 5.955.643	2.129	\$ 7.760.947	2.496	\$ 8.187.340	2.500

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 38: Demandas estimadas para los 2 escenarios dado el precio real para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

<b>Semana</b>	<b>Precio [\$]</b>	<b>Demanda</b>	<b>Precio [\$]</b>	<b>Demanda Estimada_1 a Precio registrado</b>	<b>Precio [\$]</b>	<b>Demanda Estimada_2 a Precio registrado</b>
1	12.990	0	12.990	30	12.990	0
2	12.990	0	12.990	28	12.990	0
3	12.990	0	12.990	26	12.990	0
4	12.990	0	12.990	24	12.990	0
5	12.990	0	12.990	21	12.990	0
6	12.990	0	12.990	19	12.990	0
7	12.990	0	12.990	17	12.990	0
8	12.990	0	12.990	15	12.990	0
9	12.990	4	12.990	12	12.990	70
10	12.990	10	12.990	10	12.990	48
11	12.960	22	12.960	8	12.960	27
12	9.920	33	9.920	29	9.920	82
13	9.760	70	9.760	27	9.760	65
14	9.824	67	9.824	25	9.824	41
15	10.402	58	10.402	18	10.402	5
16	9.629	79	9.629	22	9.629	3
17	6.663	122	6.663	42	6.663	56
18	2.510	232	2.510	70	2.510	140
19	1.983	145	1.983	72	1.983	132
20	2.149	57	2.149	68	2.149	106
21	3.325	18	3.325	57	3.325	54
22	3.591	10	3.591	53	3.591	26
23	2.992	3	2.992	55	2.992	19
24	1.263	11	1.263	66	1.263	41
25	990	2	990	66	990	26
26	990	1	990	64	990	5
	<i>Ingreso</i>	<i>Unidades</i>	<i>Ingreso</i>	<i>Unidades</i>	<i>Ingreso</i>	<i>Unidades</i>
	\$ 5.426.543	944	\$ 5.424.395	944	\$ 5.440.510	946

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 39: Resumen resultados obtenidos para los diferentes escenarios para SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt.**

<b>Semana</b>	<b>Precio [\$]</b>	<b>Demanda</b>	<b>Precio Estimado_1 [\$]</b>	<b>Demanda Estimada_1</b>	<b>Precio Estimado_2 [\$]</b>	<b>Demanda Estimada_2</b>
1	12.990	0	10.392	50	12.990	0
2	12.990	0	10.392	47	12.990	0
3	12.990	0	9.093	55	12.990	0
4	12.990	0	9.093	53	12.990	0
5	12.990	0	10.392	41	12.990	0
6	12.990	0	9.093	48	12.990	0
7	12.990	0	9.093	46	12.990	0
8	12.990	0	9.093	44	12.990	0
9	12.990	4	9.093	41	10.392	135
10	12.990	10	9.093	39	9.093	147
11	12.960	22	7.794	47	9.093	125
12	9.920	33	9.093	35	9.093	103
13	9.760	70	7.794	42	9.093	82
14	9.824	67	7.794	40	7.794	93
15	10.402	58	7.794	38	7.794	71
16	9.629	79	7.794	35	6.495	82
17	6.663	122	7.794	33	6.495	61
18	2.510	232	7.794	31	6.495	39
19	1.983	145	7.794	29	6.495	17
20	2.149	57	6.495	36	5.196	28
21	3.325	18	6.495	34	5.196	7
22	3.591	10	6.495	32	3.897	10
23	2.992	3	6.495	29	3.897	0
24	1.263	11	6.495	27	3.897	0
25	990	2	6.495	25	3.897	0
26	990	1	6.495	2	3.897	0
	<b>Ingreso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Unidades</b>	<b>Ingreso</b>	<b>Unidades</b>
	\$ 5.426.543	944	\$ 8.217.474	979	\$ 8.349.972	1.000

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 40: Tasa  $\lambda$  correspondiente a los precios presentes para el SKU 467304, TB BIK Basosopp-011/Lime/Surt.**

<b>Precio</b>	<b><math>\lambda</math></b>
\$ 941	10
\$ 1.324	21
\$ 1.539	54
\$ 1.575	24
\$ 1.852	79
\$ 1.927	258
\$ 1.975	169
\$ 1.990	5
\$ 2.388	229
\$ 2.652	301
\$ 2.663	232
\$ 2.730	203
\$ 2.986	166
\$ 4.245	93
\$ 4.829	34
\$ 4.847	7
\$ 4.890	130
\$ 4.990	13

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Anexo 41: Tasa  $\lambda$  correspondiente a los precios presentes para el SKU 468081, Animal Bma/402 Snak/Cafe/Surt**

<b>Precio</b>	<b><math>\lambda</math></b>
\$ 990	2
\$ 1.263	11
\$ 1.983	145
\$ 2.149	57
\$ 2.454	232
\$ 2.992	3
\$ 3.325	18
\$ 3.591	10
\$ 6.344	122
\$ 8.971	79
\$ 9.145	67
\$ 9.482	70
\$ 9.730	58
\$ 9.920	33
\$ 12.960	22
\$ 12.990	1

*Fuente: Elaboración Propia.*