



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“FIJACIÓN DE PRECIOS PARA LOS PRODUCTOS DE UNA CATEGORÍA
EN UN SUPERMERCADO UTILIZANDO SERIES DE TIEMPO”

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

SEBASTIÁN ANDRÉS BOGADO LANGERFELDT

PROFESOR GUÍA:
MARCEL GOIC FIGUEROA
MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ALEJANDRA PUENTE CHANDÍA
CLAUDIO PIZARRO TORRES

SANTIAGO DE CHILE
2014

FIJACIÓN DE PRECIOS PARA LOS PRODUCTOS DE UNA CATEGORÍA EN UN SUPERMERCADO UTILIZANDO SERIES DE TIEMPO

El presente trabajo se enfoca en la determinación de precios para una categoría en un supermercado. La industria del retail es relevante a nivel nacional, durante el año 2013 representó aproximadamente un 20% del PIB.

Existe evidencia sobre mejoras en rendimiento mediante fijaciones de precio adecuadas. Por esto el informe presenta un vector de precios en una categoría que permite mejorar sus ingresos

La metodología se basa en la realización de un modelo de predicción de demanda combinando series de tiempo con variables externas explicativas. Estas consisten en los precios propios, de productos competidores y variables de control. Los resultados se utilizan para resolver un problema de optimización. Se maximiza el ingreso en función de los precios, incluyendo restricciones para obtener una solución factible para la industria.

Se trabaja finalmente con ocho productos dentro de la categoría cervezas en un supermercado de Chicago durante la década de 1990. Se utilizan cien semanas para calibrar el modelo y ocho para evaluarlo.

En la predicción de demanda se logran identificar los factores temporales y precios a incluir para cada producto. Se obtienen ocho modelos con un MAPE que varía entre 28% y 70%. La optimización genera un aumento de un 54% en los ingresos totales durante las semanas evaluadas.

La aplicación de la metodología permite obtener información relevante de la industria y el comportamiento de los consumidores. Si bien se obtiene un vector teóricamente óptimo, surgen dudas respecto a su confiabilidad. Un desafío mejorar la optimización de tal manera de obtener mejoras tangibles con variaciones de precio inferiores.

Como trabajo futuro se plantea el estudio de la factibilidad económica y técnica de la metodología propuesta en un supermercado nacional, tomando en cuenta los beneficios, los costos y las limitaciones que pueden surgir al negociar con proveedores.

Tabla de Contenido

1.	Antecedentes Generales.....	7
2.	Descripción del Proyecto y Justificación	9
3.	Objetivos	10
3.1	Objetivo General	10
3.2	Objetivos Específicos	10
4.	Alcances.....	10
5.	Marco Conceptual	11
5.1	Correlación Muestral de Pearsons	11
5.2	Modelos Auto Regresivos Integrados de Media Móvil [11]	11
5.3	Evaluación de Modelos [12]	12
5.4	Elasticidad Precio de la Demanda	13
6.	Metodología	14
6.1	Selección y Pre Procesamiento de Datos	14
6.1.1	Selección	14
6.1.2	Pre Procesamiento	15
6.2	Ejecución de Modelo de Predicción de Ventas	15
6.3	Modelo de Optimización.....	17
6.4	Análisis de Resultados	18
6.4.1	Parámetros Estimación de Demanda	18
6.4.2	Validación Series Temporales.....	18
6.4.3	Análisis de Sensibilidad	19
6.4.4	Resultados Optimización	19
7.	Datos.....	19
7.1	Estadísticos descriptivos	20
7.2	Análisis Gráfico	21
7.3	Correlaciones	22
7.3.1	Ventas de los productos	22
7.3.2	Precio de los productos	23
7.3.3	Precios y ventas	24
7.3.4	Franziskaner y Miller.....	25
8.	Resultados	26
8.1	Predicción de Demanda	26
8.1.1	Precios incluidos.....	26

8.1.2	Diferenciación del Modelo	27
8.1.3	ACF y PACF	28
8.1.4	Comparación de modelos.....	29
8.1.5	Modelos utilizados	30
8.1.6	Parámetros modelo	31
8.1.7	Efectos Dinámicos	33
8.2	Optimización	34
9.	Análisis de Resultados.....	36
9.1	Parámetros Estimación de Demanda.....	36
9.1.1	Precio Propio	37
9.1.2	Precio Competencia	37
9.1.3	Efectos Temporales	38
9.2	Validación de Parámetros	38
	39
9.2.1	Validación Precio Propio.....	39
9.2.2	Validación Precios Cruzados	40
9.2.3	Validación Series Temporales.....	41
9.3	Análisis de Sensibilidad.....	42
9.3.1	Restricción Suma de Precios Constante	42
9.3.2	Límite Inferior.....	43
9.3.3	Límite Superior	44
9.3.4	Efecto de Precios en el Ingreso.....	45
9.4	Resultados Optimización.....	47
10.	Conclusiones.....	51
11.	Bibliografía.....	53
12.	Anexos	55

Índice de Tablas

Tabla 1: Estadísticos básicos	20
Tabla 2: Correlaciones de ventas entre productos	23
Tabla 3: Correlación precio de los productos.....	24
Tabla 4: Correlación precios-ventas	25
Tabla 5: Resultados test Dickey Fuller	28
Tabla 6: Comparación modelos Corona 6-Pack	30
Tabla 7: Modelos utilizados	31
Tabla 8: Parámetros regresión Heinecken 6-Pack	32
Tabla 9: Precios obtenidos primera optimización	35
Tabla 10: Matriz de precios segunda optimización	36
Tabla 11: Efecto precio propio y elasticidad.....	37
Tabla 12: Validación precio propio en el tiempo	40
Tabla 13: Validación precios cruzados en el tiempo	41
Tabla 14: Validación efectos temporales	42
Tabla 15: Optimización sin restricción promedio precios.....	43
Tabla 16: Parámetros Corona 6-Pack	59
Tabla 17: Parámetros Heinecken 12-Pack	59
Tabla 18: Parámetros O'doul 6-Pack.....	59
Tabla 19: Parámetros Becks 12-Pack	60
Tabla 20: Parámetros Becks 6-Pack	60
Tabla 21: Parámetros Corona 12-Pack	60
Tabla 22: Parámetros Molson 12-Pack.....	61
Tabla 23: Fechas	65

Índice de Figuras

Ilustración 1: Ventas y precio semanales de cerveza Corona 6-Pack	21
Ilustración 2: Ventas Corona 6-Pack y Heinecken 12-Pack en el tiempo	22
Ilustración 3: Precio Franziskaner y Miller vs Tiempo.....	26
Ilustración 4: Precios a incluir en predicción de demanda.....	27
Ilustración 5: ACF y PACF cerveza Corona 6-Pack.....	29
Ilustración 6: Ventas y predicción de ventas Heinecken 6-Pack.....	33
Ilustración 7: Períodos Validación	39
Ilustración 8: Sensibilidad restricción límite inferior	44
Ilustración 9: Sensibilidad restricción límite superior	45
Ilustración 10: Sensibilidad del ingreso respecto a variaciones de un dólar.....	46
Ilustración 11: Variación ingreso con optimización por cerveza.....	48
Ilustración 12: Participación en ingreso situación inicial.....	49
Ilustración 13: Participación en ingreso optimizado.....	49
Ilustración 14: Precio y ventas semanales Corona 6-Pack	55
Ilustración 15: Precio y ventas semanales Heinecken 6-Pack	55
Ilustración 16: Precio y ventas semanales Heinecken 12-Pack	56
Ilustración 17: Precio y ventas semanales O'doul 6-Pack.....	56
Ilustración 18: Precio y ventas semanales Becks 12-Pack	57
Ilustración 19: Precio y ventas semanales Becks 6-Pack	57
Ilustración 20: Precio y ventas semanales Corona 12-Pack	58
Ilustración 21: Precio y ventas semanales Molson 12-Pack.....	58
Ilustración 22: Ventas y Predicción Corona 6-Pack.....	61
Ilustración 23: Ventas y Predicción Heinecken 6-Pack.....	62
Ilustración 24: Ventas y Predicción Heinecken 12-Pack.....	62
Ilustración 25: Ventas y Predicción O'doul 6-Pack	63
Ilustración 26: Ventas y Predicción Becks 12-Pack.....	63
Ilustración 27: Ventas y Predicción Becks 6-Pack.....	64
Ilustración 28: Ventas y Predicción Corona 12-Pack.....	64
Ilustración 29: Ventas y Predicción Molson 12-Pack.....	65

1. Antecedentes Generales

La presente memoria está orientada a solucionar el problema de fijación de precios en la industria del retail. Se enfoca específicamente en los supermercados, pero pretende entregar una metodología adaptable para otras empresas dentro del rubro.

Durante el año 2012 la industria del retail generó ingresos por USD \$321.495[1], representando cerca de un 20% del PIB en Chile [2]. De estos ingresos más de un 76% provienen de supermercados. Adicionalmente se observa que los supermercados nacionales se encuentran en expansión con inversiones en países de Latinoamérica con crecimientos económicos prometedores, como Perú y Colombia. Estos factores llevan a concluir que se está en presencia de una industria importante y en crecimiento.

La industria de supermercados está altamente concentrada, con las dos principales empresas, Cencosud y Walmart, teniendo un 77% de la participación de mercado[15]. La alta competencia ha llevado en períodos recientes a un aumento en las ventas por parte de la industria pero una progresiva disminución en las utilidades [3].

Las empresas de retail en Chile se encuentran en ventaja competitiva respecto al desarrollo con el resto de Latinoamérica [4]. Se observan inversiones en otros países del continente más poblados y con crecimientos económico prometedores como Perú y Colombia. Se concluye que es un negocio atractivo, en crecimiento y altamente prometedor.

Las tecnologías actuales permiten a las cadenas de supermercados obtener una gran cantidad de datos respecto a las compras de los clientes. Mediante el sistema de acumulación de puntos se puede tener el detalle las compras realizadas. Para el presente trabajo es relevante la disponibilidad de datos de ventas a nivel de tienda. La oportunidad observada consiste en utilizar los datos para apoyar la toma de decisiones clave del negocio. Las grandes empresas dedican presupuestos importantes a las problemáticas de inteligencia de negocios.

Una de las principales decisiones a tomar por un supermercado consiste en definir el precio para cada producto. Corresponde a una problemática compleja dado que los precios fijados para cada producto pueden afectar tanto sus ventas como la de otros productos en la tienda. Los precios suelen determinarse de manera individual en función del monto cobrado por los proveedores (mark up pricing). La literatura ha mostrado que existe espacio para mejorar y que las categorías no siempre son manejadas de manera óptima. Se pueden tomar políticas de precios que mejoren las ventas [5].

Para el presente trabajo se tomará como producto cualquier subconjunto de ítems que tenga manejo independiente de precio. Se hace la diferencia con el concepto "SKU", que se refiere a todos los códigos únicos de un supermercado. A modo de ejemplo, yoghurt Nestlé de durazno tendrá un SKU distinto al yoghurt Nestlé de vainilla. La determinación de precios será tomado en conjunto para ambos. Es por esto que se considerarán como un mismo producto.

Una categoría se entenderá como un conjunto de productos similares que compiten entre sí. Ejemplos de categorías serían vinagres, pastas de dientes o desodorantes masculinos. Se utilizan en la industria “category managers”, quienes se encargan de establecer la relación comercial entre el supermercado y los proveedores para cada una de las categorías. Se sugiere que cada categoría se puede manejar como un micro negocio separado con el objetivo de maximizar sus ingresos totales [6].

La problemática de “pricing” ha sido trabajada en numerosos trabajos anteriores [1][7][8]. Se busca diferenciarse de trabajos de título anteriores aprovechando las utilidades que proporcionan las series de tiempo para enriquecer el análisis y mejorar los resultados.

El trabajo se realiza con el apoyo de la empresa Customer BI, consultora de inteligencia de negocios orientada a solucionar problemáticas de la industria del retail. El apoyo mencionado se materializa en amplios conocimientos de la industria de supermercados de parte de los integrantes. Algunos de los supuestos tomados en el presente informe se deben a observaciones realizadas por la empresa en la industria local.

2. Descripción del Proyecto y Justificación

Dentro de las variables que maneja un supermercado se encuentra el precio diario de los productos [5]. Este manejo tiene costos bajos de implementación en comparación con acciones de publicidad y marketing relacionados a medios masivos de comunicación. Existe evidencia empírica de cómo una política adecuada de fijación de precios puede mejorar la rentabilidad y las ventas en tiendas de retail [5]. Como se mencionó previamente, las ventas generadas por las grandes cadenas de supermercados son cifras importantes dentro de la economía nacional. Tomando en cuenta estos factores se observa que aumentar las ventas para un supermercado es un caso interesante de estudio con gran potencial de aplicación.

El trabajo de título se concentra en la fijación de precios de un supermercado en una categoría. Para esto la cadena cuenta con “category managers” que hacen el nexo entre el supermercado y los proveedores. La fijación de precios es el resultado de una negociación directa con cada proveedor. El trabajo propone entregar una metodología para determinar los precios a fijar, tomando en cuenta las restricciones que pueden surgir a raíz de la negociación.

El proyecto consiste en la generación de un modelo de pricing aplicado a la industria de supermercados en Chile. El énfasis va en la fijación de precios para maximizar los ingresos en períodos futuros. Se busca diferenciarse de trabajos de título anteriores con la inclusión de series temporales que permitan incluir el rendimiento histórico como un pilar dentro de la predicción.

Los productos dentro de una categoría compiten entre sí, un aumento en las ventas de uno puede afectar negativamente las ventas de otro. Este efecto se conoce como “canibalización”. Se busca maximizar los ingresos para una categoría, por lo que se debe tomar en cuenta no solo el efecto del precio de un producto en sus propias ventas, sino para las ventas de toda la categoría.

Para obtener un vector de precios que mejore las ventas totales se requiere un modelo de predicción de demanda que los incluya como variable predictiva. Se propone una metodología que combina series de tiempo y precios dentro de la categoría para determinar la cantidad demandada en un período.

Con los resultados de la predicción de demanda se resuelve un problema de optimización no lineal. Se varían los precios para obtener el mayor ingreso posible dentro del período de tiempo determinado. Pricing consiste en un problema estudiado numerosas veces y la metodología nace de la investigación y los resultados obtenidos en estudios anteriores[1][5][7][8][9][10].

Acorde a la experiencia de la empresa Customer BI el modelo de negocios de un supermercado consiste en maximizar los ingresos. El supermercado obtiene un porcentaje de las ventas totales por producto, razón por la cual mayor cantidad de ingresos implica mayor utilidad. Este factor es tomado en cuenta en la etapa de optimización. Existen productos para los cuales el supermercado tenga otra finalidad, como ser ancla para atraer clientes. La presente memoria sin embargo se enfoca en

aquellas descritas anteriormente.

Con el enfoque basado en series de tiempo se pretende encontrar efectos dinámicos en los productos. La fijación de un precio en el período uno podría tener un efecto en la demanda de períodos posteriores. Se captura este efecto con la inclusión de parámetros asociados a series temporales que enriquecen el modelo de predicción.

El trabajo consiste en el desarrollo de un modelo de predicción de demanda que permita plantear un problema de optimización. La resolución de este problema da como resultado un vector de precios que permite mejorar los ingresos del supermercado. Un posterior análisis de resultados pretende descubrir factores no visibles con un análisis básico que permita mejorar la toma de decisiones en la categoría.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar un modelo que permita determinar precios de los productos de una categoría para maximizar sus ingresos en un supermercado.

3.2 Objetivos Específicos

- Obtener un modelo de predicción de demanda para cada producto que incluya tanto el efecto de los precios de los productos en su categoría y sus ventas en períodos anteriores como variables independientes.
- Incluir dentro del modelo elementos asociados a series de tiempo para capturar efectos dinámicos.
- Validar con datos reales de un supermercado utilizando métricas de ajuste de la predicción.
- Realizar una optimización utilizando el modelo de predicción de demanda para maximizar los ingresos totales dentro de la categoría.
- Establecer recomendaciones a partir de la optimización realizada para mejorar ingresos.
- Evaluar la aplicabilidad del modelo acorde a los resultados observados.

4. Alcances

Se trabajará con una cadena de supermercados y una categoría. Se buscará obtener proyecciones dentro de las ocho semanas siguientes de ventas de los productos dentro de la categoría.

Se buscará obtener una predicción en las ventas de una muestra de productos en una categoría con sus precios como variables. Con estos resultados se planteará un modelo de optimización para maximizar los ingresos dentro de la categoría.

5. Marco Conceptual

En este capítulo se encuentran las bases teóricas del trabajo presentado. Adicionalmente se definen conceptos relevantes utilizados y las posibles interpretaciones realizadas.

5.1 Correlación Muestral de Pearsons

Estadístico que indica la fuerza y dirección de la relación del comportamiento entre dos variables. La forma funcional corresponde a:

$$corr(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \times (y_i - \bar{y})}{\sqrt{(x_i - \bar{x})^2} \times \sqrt{(y_i - \bar{y})^2}}$$

El recorrido de la función está entre -1 y 1. Mientras más cerca se encuentre de los extremos es una correlación más fuerte. Si el resultado es 0 indica que no existe ninguna relación en el comportamiento de las variables.

El signo de la correlación indica la dirección. Si es positiva se habla de una relación directa. El aumento de una generalmente va acompañado del aumento de la otra. En caso de que sea negativa es una relación inversa. El aumento de una va acompañado del descenso de la otra.

Se esperaría una correlación negativa entre el precio de un producto y sus ventas, y una correlación positiva entre el precio de la competencia y sus ventas. Para el presente trabajo se considera fuerte una correlación cuyo valor absoluto sea mayor a 0,2. De igual manera, una correlación débil tiene valor menor a 0,15.

5.2 Modelos Auto Regresivos Integrados de Media Móvil [11]

Conocidos comúnmente como modelos ARIMA o Box-Jenkins. Corresponde a un modelo de series temporales en el cuál el comportamiento a futuro se encuentra definido solamente por el comportamiento pasado y no por variables externas.

AR se refiere a la componente auto regresiva del modelo, la I a integrado y MA a las medias móviles. La fórmula funcional para la predicción de ventas del producto j en el período t del modelo corresponde a:

$$Q_{i,j} = \alpha_j + (\phi_{j,1} \times Q_{j,t-1} + \dots + \phi_{j,t-p} \times Q_{j,t-p}) + (\theta_{j,1} \times \varepsilon_{j,t-1} + \dots + \theta_{j,t-p} \times \varepsilon_{j,t-p}) + \varepsilon_t$$

Dónde α_j corresponde a una constante, ϕ a los parámetros auto regresivos y θ a las componentes de medias móviles. Los parámetros auto regresivos se refieren al efecto de las ventas en los períodos anteriores sobre el actual, mientras que las componentes de medias móviles capturan el rol del error en las estimaciones de estos. Este error debe tener media “0” y no estar correlacionado entre sí.

Los valores (p d q) definen qué tipo de modelo es. Por ejemplo, ARIMA(1 0 0) corresponde a AR(1). ARIMA(0 1 0) es conocido como “random walk”. La elección del mejor modelo a utilizar requiere prueba y error y está apoyada por algunos algoritmos, como por ejemplo la utilización de funciones de auto correlación.

El modelo ARIMAX(p d q) es una variante del modelo ARIMA en el cual se incluyen variables externas explicativas para generar la predicción del modelo. En general mejora la calidad de la predicción y permite manejar las variables para la toma de decisiones. Corresponde al modelo utilizado en el presente trabajo. La forma funcional es idéntica a la de ARIMA pero con la adhesión de las variables predictivas deseadas. Se incluirán los precios de los productos y variables “dummy” relacionados a fechas especiales como variables externas.

5.3 Evaluación de Modelos [12]

Métricas que buscan medir qué tan bien se comporta el modelo de predicción en relación a los datos reales. Existen diversas métricas, a continuación se presentan cuatro con sus usos respectivos:

- **R² estacionario**: Coeficiente de determinación. Habla sobre la varianza explicada de la predicción. Mientras más cercano a uno es mejor.
- **X²**: Test de bondad de ajuste. Se refiere a qué tan bien predice el modelo.
- **LR**: Test de ratio similitud. Sirve para probar si debiera complejizarse el modelo o no.
- **MAPE**: Mean Absolute Percentage Error. Da información sobre la calidad del pronóstico del modelo. Es una medida porcentual. Tiene la siguiente forma funcional:

$$MAPE = \frac{1}{n} * \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right|$$

- **ACF y PACF [13]**: Auto Correlation Function y Partial Auto Correlation Function. Corresponden a funciones que permiten identificar patrones repetitivos dentro de una serie. Se espera que las correlaciones tengan valor nulo con un intervalo de un 95% de confianza.

- **Contraste de Ljung-Box:** Test utilizado principalmente en modelos ARIMA para verificar que el error residual del modelo sea aleatorio. Se prueba que las primeras “m” correlaciones sean cero para cualquier valor de “m”. Para el presente trabajo se analiza la significancia. Si esta es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula de error aleatorio y se debe mejorar el modelo.
- **Criterio de información bayesiano:** Es un criterio de selección de modelos ante posibles candidatos. Toma en cuenta el modelo con mejor verosimilitud, pero castiga por cantidad de variables incluidas. El objetivo de esto es evitar sobreajuste. Se elige el modelo con menor valor en el test. Sigue la siguiente forma funcional para una verosimilitud “ \hat{L} ” y “N” parámetros predictivos:

$$BIC = -2 * Ln(\hat{L}) + k * Ln(N)$$

- **Test de Dickey Fuller aumentado:** Utilizado para verificar estacionariedad en un modelo. La hipótesis nula H_0 consiste en la existencia de raíz unitaria en los parámetros. Si la hipótesis nula no se puede rechazar bajo el intervalo de confianza deseado se considera que la serie no es estacionaria y debe diferenciarse. Para el siguiente trabajo se toma un intervalo de confianza de un 95%. En caso de que la hipótesis nula sea rechazada la serie temporal no se diferenciará y se trabajará con modelo ARMAX(p q).

Combinando estas métricas se puede obtener una visión completa de la calidad de la predicción de un modelo.

5.4 Elasticidad Precio de la Demanda

La elasticidad precio de la demanda indica a la variación porcentual de la cantidad demandada de un producto en relación a variaciones porcentuales de precio. Excepto para bienes excepcionales la elasticidad suele ser negativa, sin embargo se tiende a ignorar el signo y tomar en cuenta solo la magnitud.

Si se define Q la cantidad vendida y P el precio, la fórmula matemática de la elasticidad es:

$$\epsilon = \frac{\Delta Q / Q}{\Delta P / P}$$

- Cuando la elasticidad es mayor que 1 se dice que un producto es elástico. Indica que la demanda del producto tiene fuerte dependencia del precio.
- Elasticidad entre 0 y 1 indica productos inelásticos. Quiere decir que la demanda tiene poca dependencia del precio.

6. Metodología

La metodología para el presente trabajo se presenta en cuatro etapas. Estas corresponden a selección y transformación de datos, ejecución del modelo de predicción de ventas, modelo de optimización y análisis de resultados. En esta sección se detalla el trabajo a realizar en cada una de las etapas.

6.1 Selección y Pre Procesamiento de Datos

Se busca obtener una tabla que contenga la información de las ventas de un subconjunto representativo de productos dentro de una categoría con la información del punto de ventas, unidades vendidas, monto total pagado y precio por producto agrupado de manera semanal. Se extraen datos correspondientes a 24 meses de comportamiento. Los datos se agrupan de manera semanal.

6.1.1 Selección

Supermercado y sala: Se analizarán las ventas de la sala con mayores ventas para una cadena de supermercado de la cual se tenga acceso a sus datos de ventas. Para el presente trabajo se cuenta con la información de ventas semanales para diversas categorías durante un período de 5 años en la ciudad de Chicago.

Categoría y sus productos: Se busca elegir una categoría y su subconjunto de datos de tal manera que permita el análisis propuesto. Se eligen los diez productos con mayores ventas dentro de una categoría que cumplan con:

- Nivel elevado de ventas: Se buscará tener un número amplio de ventas durante el período a analizar. Dentro de la misma categoría se elegirán los productos con mayores ventas.
- Competencia interna: Que exista variedad de productos dentro de la categoría de tal manera que los clientes tengan poder de decisión. Se impone que la misma marca no tenga más de dos productos. Debe haber un mínimo de cinco marcas distintas en la muestra.
- Variabilidad de precio: Deben haber variaciones de precio durante el período analizado. En caso de tener productos con variabilidad de precio baja o nula no serán considerados en el análisis.
- Productos deben tener un historial de ventas continuo durante los meses requeridos. Aquellos que no tengan continuidad se excluirán del modelo.
- Se dará preferencia a una categoría si Customer BI se encuentra haciendo análisis de datos de esta, de tal manera de poder aprovechar el conocimiento para el trabajo.

Los datos seleccionados cubren un 65% de participación de mercado durante el

período analizado. Se plantea la posibilidad de excluir productos del análisis en etapas posteriores si los resultados de la predicción de demanda no se ajustan a lo observado.

6.1.2 Pre Procesamiento

Limpieza de datos: Los datos analizados para el presente trabajo han sido utilizados por numerosos estudios y no cuentan con problemas típicos de ingreso que se observan en casos prácticos del mundo laboral. El trabajo de pre procesamiento consiste en la adición de precios a los productos sin ventas, variables “dummy” para fechas excepcionales y preparación de tablas para el análisis con modelos de predicción.

En la base de datos a analizar, si un producto no tuvo ventas una semana su precio está ingresado con valor “0”. Por esto, en el caso de que la sala analizada no tenga ventas para uno de los productos, se reemplazará el precio por el promedio ponderado de las demás tiendas. Se analizará que este tenga consistencia con el anterior y posterior para el producto en la sala.

En las ventas históricas de los productos se observan alzas puntuales para cada uno. Se analiza si estas tienen relación a fechas especiales, como feriados y festivos. Se agrega una variable “dummy” en relación a estas fechas. En el caso de que ventas excepcionales de un producto no estén relacionadas a alguna fecha especial se asume la existencia de información no disponible en la base de datos. Ejemplos de esta situación pueden ser campañas de marketing no relacionadas al precio. Para esto se genera una variable “dummy” que tiene valor “0” por defecto. Para cada fecha en donde se produzcan ventas inusuales se asigna valor “1”.

Para realizar el modelo de predicción de demanda se utiliza la herramienta “SPSS modeler”. Esta requiere la creación de una tabla que contiene los datos de las ventas de todos los productos, sus precios e información sobre fechas excepcionales como columnas. Esta transformación se realiza utilizando la herramienta “Microsoft Sql Server Manager” y lenguaje SQL. La construcción de esta tabla facilita el trabajo posterior de pronóstico de demanda.

6.2 Ejecución de Modelo de Predicción de Ventas

En esta etapa se busca modelar el comportamiento de ventas de los productos en función de su comportamiento histórico y los precios dentro de la categoría. El objetivo es la obtención de proyecciones de venta por producto con el precio como variable a manejar. Se realizará una regresión por producto para encontrar el mejor ajuste posible.

La propuesta consiste en la aplicación de un modelo ARIMAX, que suele obtener buenos resultados al describir series temporales complejas[8][9]. ARIMAX permite obtener buenas predicciones en base a la historia y enriquecerlas con la adición de variables explicativas al modelo. Para el presente trabajo las variables adicionales corresponden a los precios de los demás productos dentro de la categoría y una variable “dummy” para explicar ventas excepcionales en fechas específicas.

Para determinar los precios de los productos a incluir en el modelo se utiliza un criterio “backwards”. Se incluyen todos los precios disponibles como variables y se eliminan a medida que no sean significativos para el modelo. Si se rechaza la hipótesis nula, que el parámetro tiene valor 0, este se incluye en el modelo. Con esto se busca incluir solo los precios relevantes para la demanda del producto a analizar. Adicionalmente se evaluará individualmente la inclusión de precios en los cuales el efecto vaya en contra de la intuición.

Una de las dificultades de un modelo ARIMAX(p d q) corresponde a las elecciones de los parámetros p, d y q que generen el mejor modelo de predicción posible. Para la elección de estos parámetros se realizan los siguientes pasos:

- **Test de Dickey Fuller aumentado para determinar si la serie es estacionaria:** En caso de que la serie no sea estacionaria se integra el modelo. Si se rechaza la hipótesis nula de no estacionariedad el modelo no necesita ser diferenciado y se trabaja con un modelo ARMAX(p q).
- **Análisis gráfico de ACF y PACF:** Se utilizan para obtener candidatos a modelos a probar. Se analiza en ambos gráficos la existencia de correlaciones o autocorrelaciones que sean significativamente distintas de cero. Se utiliza un intervalo de confianza de un 95%. Aquellos valores que exceden el intervalo de confianza son posibles candidatos para el orden de los términos auto regresivos y de medias móviles.
- **R²:** Se privilegian modelos que tengan mayores valores en este estadístico relacionado a la varianza explicada.
- **MAPE:** Al igual que el criterio anterior, se buscan modelos que tengan buen MAPE. En este caso se da preferencia a aquellos que tengan menor valor.
- **Error Residual:** Como condición el valor residual debe ser aleatorio. Para esto se utiliza la significancia del test de Ljung-Box. En caso de rechazar la hipótesis nula de error aleatorio se analiza la inclusión de nuevas variables temporales que ayuden a explicar el error.
- **Criterio de Información Bayesiano:** Se elige el modelo que cumpla con las restricciones anteriores y tenga el menor valor acorde al presente criterio.

A modo de ejemplo se muestra la forma funcional que tiene un modelo ARIMAX (2 0 0) acorde a la metodología propuesta:

$$Q_{j,t} = \delta_j + \sum_{m=1}^2 (Q_{j,t-m} - \bar{Q}) * \theta_{j,m} + \sum_{i=1}^N P_{i,t} * \beta_{j,i} + \sigma_j * d_{j,t} + \varepsilon_{j,t}$$

En dónde las variables corresponden a:

- $Q_{j,t}$: La estimación de las ventas para el producto j en el tiempo t .
- δ_j : Constante del modelo
- $\theta_{j,t-m}$: Ponderador del efecto de las ventas en el período $t-m$ sobre el período t . Es importante notar que las ventas del período $t-m$ dependen del precio en ese mismo período, razón por la cual el modelo captura efectos de fijación de precios en un período sobre los siguientes.
- $P_{i,t}$: Precio del producto i en el período t .
- $\beta_{j,i}$: Ponderador del efecto del precio del producto i en las ventas del producto j . Se espera que cuando $i \neq j$ los productos sean competencia y el efecto sea positivo. Si $i = j$ se está observando el efecto del precio de un producto sobre sus ventas y se espera un valor negativo, pues aumentar el precio debiera disminuir ventas.
- $d_{j,t}$: Variable “dummy” que toma valor “1” para fechas especiales y “0” para el resto.
- σ_j : Ponderador del efecto de la variable “dummy” mencionada anteriormente.
- $\varepsilon_{j,t}$: Error residual del modelo. Debe estar distribuido aleatoriamente con media 0.

Finalmente se plantea testear la inclusión de precios anteriores en la demanda de un producto. Para esto se agregan como variables predictivas al modelo y se analiza el impacto de estas en la demanda. Con el fin de observar este efecto se incorporan tanto en un modelo en el cual se excluyen las componentes auto regresivas como en el que se incluyen.

6.3 Modelo de Optimización

El siguiente paso dentro del trabajo consiste en la optimización. Acorde a la experiencia interna de los miembros de Customer BI el modelo de negocios de un supermercado para una categoría depende su rol. El presente trabajo se enfoca en aquellas en las que se busca maximizar los ingresos.

El problema de optimización tiene como variables los precios del subconjunto de productos dentro de la categoría y busca maximizar el ingreso para las ocho semanas siguientes. Se eligen ocho semanas en vez de una para considerar el efecto del precio de un producto de una semana en las ventas de las siguientes.

Un problema común en los modelos de pricing corresponde a soluciones óptimas en las cuáles todos los precios bajan a los niveles inferiores permitidos. Se propone como restricción que el promedio de precios debe permanecer constante. Se busca privilegiar productos que tengan mayor sensibilidad al precio sin afectar profundamente la

estructura de precios o la imagen del supermercado [14]. Se imponen restricciones de precios superiores o inferiores relacionados a la negociación con proveedores. Para el presente trabajo se utiliza arbitrariamente una variación menor al 20% del precio inicial.

El modelo a optimizar corresponde a:

$$MAX \sum_t \sum_{i=1}^{10} P_i * Q_{i,t}$$

$$S.A. \quad 0,8 * P_{inicial ,i} < P_i < 1,2 * P_{inicial ,i} \quad \forall i \in \text{Productos}$$

$$\sum_{j=1}^N P_{j,t} = \sum_{j=1}^N P_{j,t-1}$$

$$Q_{j,t} = \delta_j + \sum_{m=1}^2 (Q_{j,t-m} - \bar{Q}) * \theta_{j,m} + \sum_{i=1}^N P_{i,t} * \beta_{j,i} + \sigma_j * d_{j,t}$$

En dónde P corresponde a vector de precios a modificar. Nuevamente se utiliza como ejemplo un modelo ARMAX(2 0), sin embargo el planteamiento del problema dependerá del modelo de predicción de demanda a utilizar.

6.4 Análisis de Resultados

6.4.1 Parámetros Estimación de Demanda

Se realiza un análisis de los parámetros obtenidos en la etapa de estimación de demanda. Para cada uno de estos se realiza una interpretación del monto y el signo. En general se espera que el parámetro relacionado al precio propio tenga signo negativo y los demás sean positivos.

Para el precio propio se estima la elasticidad precio demanda mediante la fórmula presentada en la sección 6.4. El parámetro se interpreta como la variación en las ventas al cambiar el precio en un dólar, y como precios y cantidades fijas se utilizan los valores promedio durante las 100 semanas.

6.4.2 Validación Series Temporales

Para determinar que los parámetros son consistentes en el tiempo se realizan dos subdivisiones temporales dentro de la muestra total de semanas. La primera consiste

en las 60 semanas iniciales, mientras la segunda está integrada por las 60 finales.

Se estiman los parámetros del modelo para cada uno de estos y se comparan con el total. En base a los resultados se calcula la desviación estándar para cada parámetro y su coeficiente de variación. Mientras menor sea el coeficiente de variación se considera que el valor del parámetro es más consistente en el tiempo.

6.4.3 Análisis de Sensibilidad

Se realizan cuatro análisis de sensibilidad. Los primeros tres consisten en la relajación de restricciones. El primero consiste en relajar la restricción que obliga al promedio de los precios a permanecer iguales.

El segundo y tercer análisis consisten en la relajación de los límites inferiores y superiores de variación de precio respectivamente. Se relaja hasta que no se generen diferencias en el óptimo o se permita un 60% de variación total. Para estos tres análisis se obtiene el impacto en el ingreso de cada restricción.

La última observación consiste en el efecto que tiene variar, desde la situación inicial, un dólar por producto en el ingreso total. De esta manera se busca cuantificar y determinar cuáles productos generan el mayor y el menor impacto en la función objetivo.

6.4.4 Resultados Optimización

Esta sección consiste en el análisis del impacto que tiene el vector de precios optimizado sobre los ingresos de la categoría y los productos.

En primera instancia se comparan los ingresos antes y después de la optimización por producto. Se determina cuáles de estos suben su ingreso y cuales lo disminuyen. Se comparan estos resultados con las elasticidades estimadas en la sección 7.4.1.

Se incluye una comparación de la participación de cada producto en el ingreso final entre la situación inicial y la final. Con esto se busca ver que productos se ven más beneficiados en relación al ingreso total.

7. Datos

Se seleccionaron datos de 100 semanas de un supermercado minorista publicados por la universidad de Chicago. Con el fin de tener la mayor cantidad posible de datos se seleccionó la plaza con mayores ventas durante el período. Adicionalmente se eligieron los 10 productos con mayores ventas dentro de la categoría, imponiendo como condición que se encontraran disponibles durante la totalidad del período de análisis.

En el presente informe se presentan las semanas enumeradas en orden creciente. En Anexos D se encuentra información relevante sobre la fecha correspondiente a cada una. En dicha sección se señalan las ocurrencias de Halloween, Navidad, Año Nuevo,

Cuatro de Julio y Día de Acción de Gracias.

7.1 Estadísticos descriptivos

Dada la disponibilidad de los datos se seleccionó la categoría de cervezas. Se determinó como una categoría interesante dado que existe competencia tanto entre marcas como entre formatos de venta dentro de la misma marca. Por ejemplo, un paquete de 6 cervezas puede competir con uno de 12 dentro de la misma marca. A continuación se presentan las 10 cervezas elegidas, sus ventas semanales, su precio promedio, su desviación estándar y el coeficiente de variación tanto en ventas como en precio:

Tabla 1: Estadísticos básicos

Cerveza	Ventas Semanales	Desviación Ventas	Coef. Variación	Precio Promedio	Desviación Precio	Coef. Variación
Corona 6-Pack	16.3	12.74	78%	5.96	0.6	10%
Heineken 6-Pack	12.18	9.33	77%	6.7	0.47	7%
Heineken 12-Pack	11.66	13.74	118%	12.42	1.21	10%
Odoul 6-Pack	11.39	6.4	56%	3.94	0.34	9%
Becks 12-Pack	9.34	8.27	88%	11.57	1.29	11%
Becks 6-Pack	9.29	8.9	96%	6.32	0.6	9%
Corona 12-Pack	6.91	8.34	121%	11.43	1.1	10%
Franziskaner	6.77	5.65	84%	1.81	0.1	5%
Molson 12-Pack	6.75	8.71	129%	9.89	1.78	18%
Miller 6-Pack	6.55	3.64	56%	2.97	0.09	3%

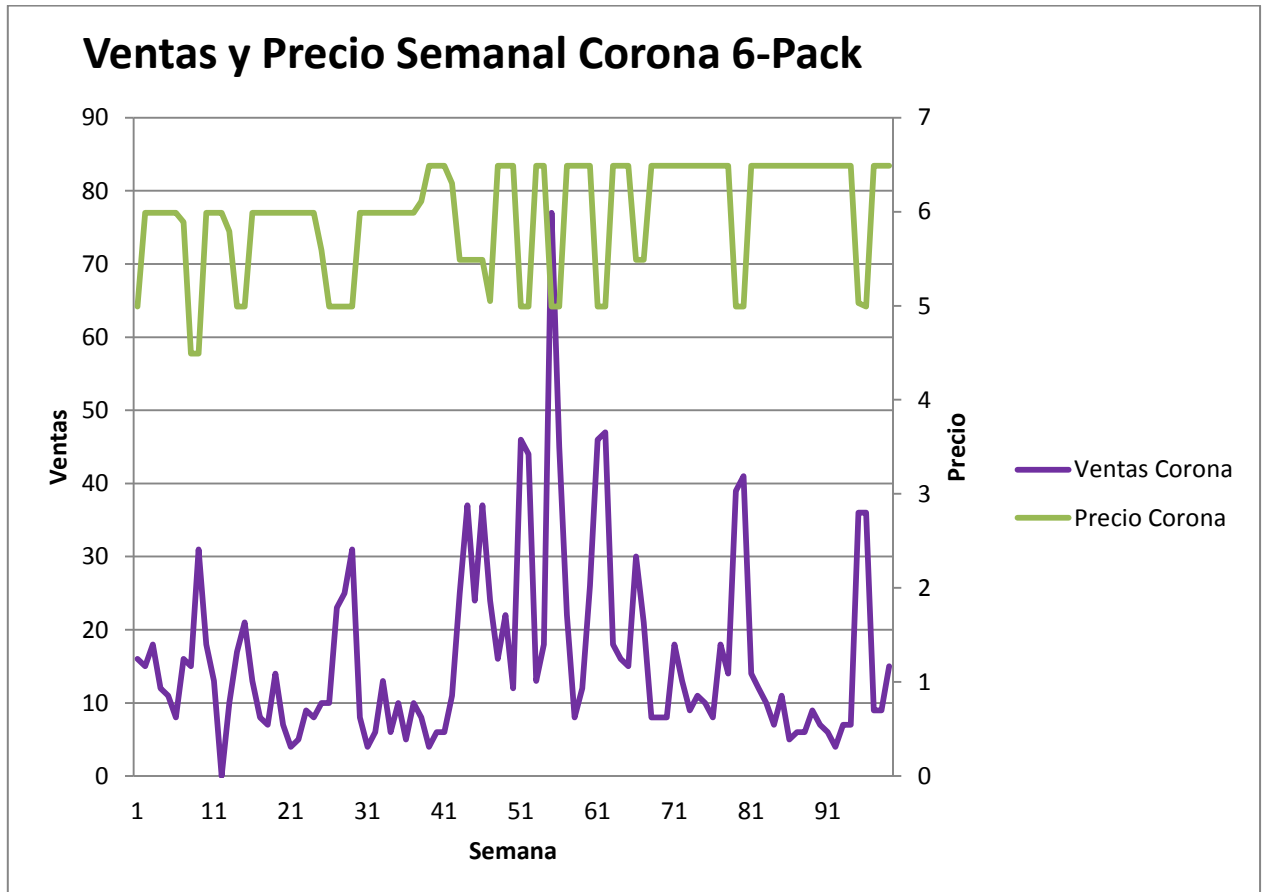
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se observa que Miller 6-pack y Franziskaner tuvieron variaciones pequeñas en precio durante el período analizado, mientras que las cervezas con formato 12-pack fueron las con mayor desviación. El coeficiente de variación es mayor para las ventas que los precios, llegando a ser superior al 100% en algunos casos. Las ventas son más volátiles que los precios.

7.2 Análisis Gráfico

A continuación se presenta como ejemplo el comportamiento semanal de las ventas y el precio de la cerveza más vendida, Corona 6-Pack, durante el período estudiado:

Ilustración 1: Ventas y precio semanales de cerveza Corona 6-Pack



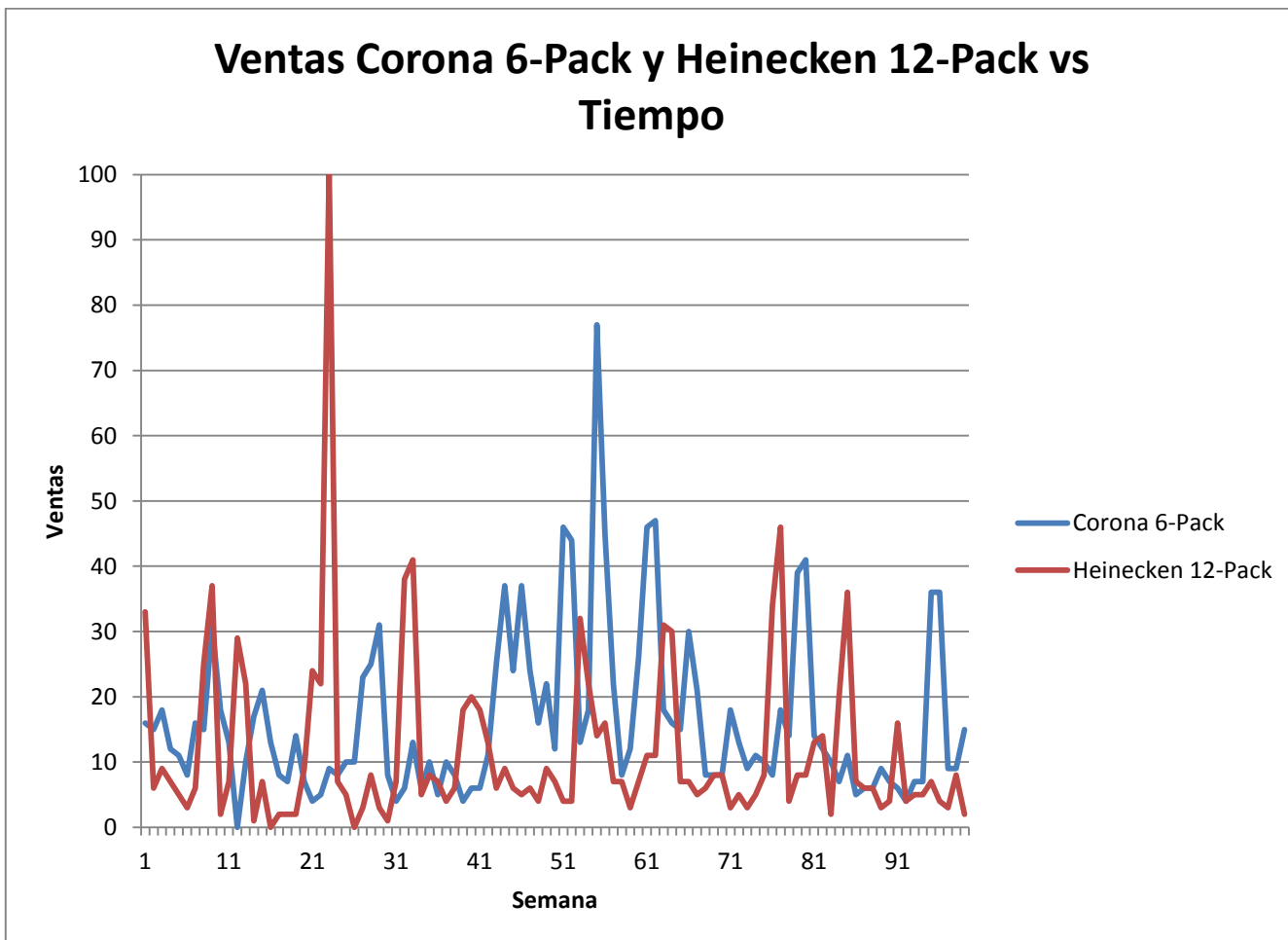
Fuente: Elaboración Propia

En general se asocia una disminución en los precios con un aumento en las ventas. Existen semanas anómalas en relación al comportamiento normal. Un ejemplo de esto sería la semana 55 en la cual las ventas aumentan en mayor cantidad que cualquier otro período del año. Este aumento no se ve registrado en las demás cervezas para la semana, y se interpreta que existe información que no está contenida en los datos, como por ejemplo una campaña de marketing no relacionada al precio.

En las ventas presentadas no hay una tendencia general de aumento o merma. Entre las semanas 41 y 65 se registran ventas atípicamente altas para semanas específicas, sin embargo coinciden con gran volatilidad de precios. Se sugiere testear estacionalidad y estacionariedad para determinar la serie de tiempo a utilizar.

Se busca determinar si las alzas atípicas en ventas se dan para cada producto de manera singular o para todos en fechas similares. Para esto se revisa gráficamente el comportamiento de las ventas de distintas cervezas para el mismo período. En el siguiente gráfico se observan las ventas de Corona 6-Pack y Heinecken 12-Pack a modo de ejemplo.

Ilustración 2: Ventas Corona 6-Pack y Heinecken 12-Pack en el tiempo



Fuente: Elaboración Propia

Las mayores alzas de ventas no van acompañadas de aumentos en la competencia. Este comportamiento se observa en general para los productos y sugiere que la inclusión de variables “dummy” explicativas deben hacerse de manera individual.

7.3 Correlaciones

7.3.1 Ventas de los productos

En la siguiente tabla se presentan las correlaciones entre las ventas de los productos para la categoría. Aquellas con valor absoluto sobre 0,2 se consideran

correlaciones fuertes, mientras que las débiles tienen un valor menor a 0,15.

Tabla 2: Correlaciones de ventas entre productos

Cerveza	Corona 6	Heinecken 6	Heinecken 12	Odoul 6	Becks 12	Becks 6	Corona 12	Franziskaner	Molson 12
Heinecken 6	0.07								
Heinecken 12	-0.08	-0.26							
Odoul 6	-0.15	0.05	0.2						
Becks 12	0.18	0.17	-0.09	-0.1					
Becks 6	-0.06	0	0.1	0.16	-0.32				
Corona 12	-0.14	0.27	-0.01	-0.04	-0.04	-0.02			
Franziskaner	0.1	0.21	0.03	-0.12	0.01	-0.01	0.11		
Molson 12	0.06	0.09	0.11	0.07	-0.17	0.2	0.01	-0.02	
Miller 6	0.08	-0.04	0.12	0.36	-0.03	0.17	-0.2	0.07	0.07

Fuente: Elaboración Propia

En general existe una correlación débil entre las ventas de los productos. Hay correlación fuerte entre algunas cervezas, entre las cuales se destacan dos de los pares de productos de misma marca, Becks y Heinecken. Estos presentan una correlación negativa entre sí. Se sugiere que existe competencia entre distintos empaques en la misma marca, lo cual se ajusta a lo esperado.

Entre las cervezas de marca Corona se observa una correlación débil. Las demás correlaciones fuertes son positivas, y podrían deberse a comportamientos similares de los clientes de esas marcas.

7.3.2 Precio de los productos

Las correlaciones entre los precios de todos los productos a través de las semanas se ven reflejadas en la siguiente tabla.

Tabla 3: Correlación precio de los productos

Cerveza	Corona 6	Heinecken 6	Heinecken 12	Odoul 6	Becks 12	Becks 6	Corona 12	Franziskaner	Molson 12
Heinecken 6	-0.18								
Heinecken 12	-0.06	-0.31							
Odoul 6	0.00	-0.03	0.06						
Becks 12	0.30	0.07	0.01	0.04					
Becks 6	-0.11	-0.20	0.08	0.13	-0.18				
Corona 12	-0.17	0.10	0.01	0.05	0.25	-0.13			
Franziskaner	0.33	-0.11	0.10	0.33	0.35	0.33	0.06		
Molson 12	0.03	0.10	-0.11	0.25	-0.21	0.30	-0.03	0.37	
Miller 6	-0.16	0.08	-0.08	-0.18	-0.20	0.00	-0.09	-0.14	-0.08

Fuente: Elaboración Propia

En general existen pocas correlaciones fuertes respecto al precio. Sin embargo para análisis futuro de resultados se toman las siguientes observaciones:

- El precio de Corona 6 está correlacionado positivamente con el de las cervezas Becks 12-Pack y Franziskaner.
- Heinecken 6-Pack tiene correlación fuerte negativa con Heinecken 12-Pack, siendo que corresponden a la misma marca.
- Corona 12-Pack y Becks 12-Pack tienen correlación alta positiva.
- Los precios de Franziskaner y Molson 12-Pack tienen correlaciones altas con cuatro precios de productos competidores.

7.3.3 Precios y ventas

La correlación entre precios y ventas de los productos se ve reflejada en la siguiente tabla.

Tabla 4: Correlación precios-ventas

Cerveza	Corona 6	Heinecken 6	Heinecken 12	Odoul 6	Becks 12	Becks 6	Corona 12	Franziskaner	Molson 12	Miller 6
Corona 6	-0.67	0.07	0.03	-0.17	-0.2	0.15	0.26	0.14	0.08	-0.27
Heinecken 6	0.16	-0.72	0.25	0.07	-0.05	0.17	-0.15	-0.13	-0.07	0.05
Heinecken 12	0.2	0.36	-0.8	-0.2	0.12	0.01	0.05	-0.09	0.05	-0.15
Odoul 6	0.26	0.04	-0.02	-0.35	0.04	-0.02	0.11	0.04	0.07	-0.05
Becks 12	-0.06	-0.17	0.1	-0.24	-0.63	0.35	0	0	0.32	-0.09
Becks 6	0.2	0.12	-0.09	-0.23	0.36	-0.71	0.12	0.03	-0.09	-0.22
Corona 12	0.22	-0.14	0.08	-0.09	-0.07	0.17	-0.62	0.03	0.08	0.09
Franziskaner	0.26	0.15	-0.1	-0.64	-0.02	-0.1	0.19	0.25	0.13	-0.32
Molson 12	0.17	-0.02	-0.01	-0.29	0.26	-0.17	0.14	0.1	-0.63	-0.21
Miller 6	0.15	0.06	0.07	0.21	0.17	-0.08	0.03	0.01	0.03	0.04

Fuente: Elaboración Propia

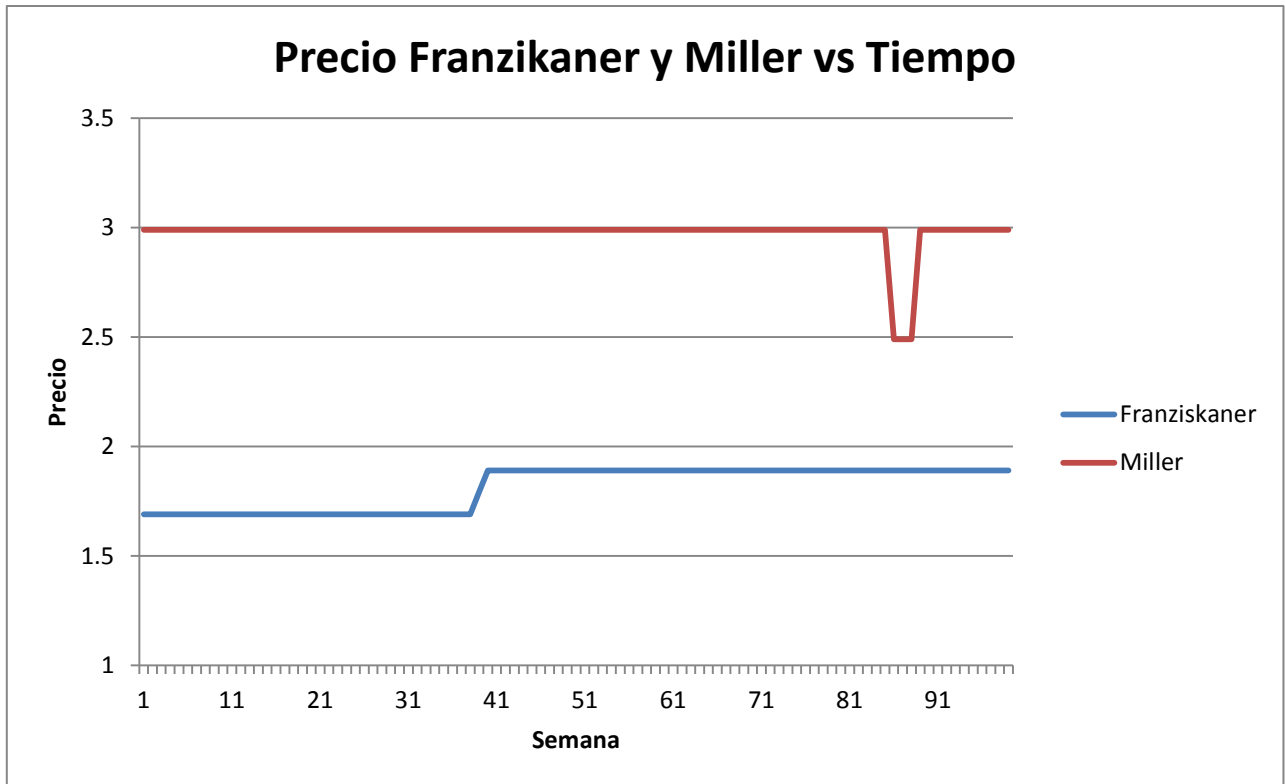
En la diagonal existe una correlación fuerte negativa excepto para las cerveza Miller y Franziskaner. Este resultado es esperado ya que indica que el precio propio está relacionado con sus ventas. Las cervezas que no muestran esta correlación corresponden a las que tuvieron menor desviación estándar en precios.

Existen correlaciones fuertes entre precios y productos cruzados. Se esperaría que fueran positivas, sin embargo en las cervezas Miller y O'doul múltiples son negativas. En particular para la cerveza O'doul se observa una correlación negativa fuerte con el precio de cuatro cervezas competidoras. Esto va en contra de lo esperado, ya que ante el aumento del precio de productos alternativos las ventas deberían aumentar. Con el modelo se busca analizar si existe solamente correlación o existe causalidad.

7.3.4 Franziskaner y Miller

Estas dos cervezas presentan resultados atípicos en correlación entre ventas y precio y los menores coeficientes de variación en precio. Se realiza un análisis individual a cada una para determinar la causa y las acciones a seguir. A continuación se presenta el comportamiento del precio de ambos productos a través del período estudiado.

Ilustración 3: Precio Franziskaner y Miller vs Tiempo



Fuente: Elaboración Propia

La variación en el tiempo para el precio de ambas cervezas es pequeña. Franziskaner aumenta su precio progresivamente en las semanas 39 y 40 y es constante en las demás. Miller por su lado muestra un único descuento durante dos semanas. Estas variaciones se consideran muy pequeñas para el análisis. Para el trabajo de predicción de demanda y optimización los dos productos son excluidos, y se trabaja con los ocho restantes.

8. Resultados

Se realizó la metodología propuesta para cada uno de los ocho productos incluidos en el análisis. En la presente sección los resultados individuales se presentarán para las cervezas Heineken 6-Pack o Corona 6-Pack, las más altas en ventas, como ejemplos.

8.1 Predicción de Demanda

8.1.1 Precios incluidos

La utilización del criterio “Backwards” indica cuáles son los precios de las cervezas explicativos para determinar la demanda. En la siguiente tabla se marca con un signo

menos aquellos precios que afectan las ventas de manera negativa, y con signo más aquellos que afectan de manera positiva. A modo de ejemplo, las ventas de la cerveza Heinecken 6-Pack tienen relación inversa con su propio precio y directa con el precio de Heinecken 12-Pack.

Ilustración 4: Precios a incluir en predicción de demanda

Ventas/Precio	Corona 6	Heinecken 6	Heinecken 12	Odoul 6	Becks 12	Becks 6	Corona 12	Molson 12
Corona 6	-		+			-		
Heinecken 6		-	+					
Heinecken 12			-					
Odoul 6			-	-				
Becks 12					-	+		
Becks 6					+	-		+
Corona 12							-	
Molson 12								-

Fuente: Elaboración Propia

El precio propio afecta negativamente a las ventas en los modelos para todos los productos, lo cual se ajusta a la intuición. En contra de lo que se podría esperar, se observan dos efectos negativos de cervezas competidoras en las ventas: Becks 6-Pack sobre Corona 6-Pack y Heinecken 12-Pack sobre Odoul 6-Pack.

8.1.2 Diferenciación del Modelo

Para evaluar si es necesario diferenciar el modelo e incluir la componente integrada de ARIMAX se aplica el test de Dickey Fuller. La hipótesis nula consiste en que la serie no es estacionaria. Para aquellos productos que tienen un p-valor menor a 0.01 se rechaza esta hipótesis, implicando que la serie es estacionaria y no se requiere diferenciar.

Tabla 5: Resultados test Dickey Fuller

Cerveza	Dickey Fuller	p-valor
Corona 6	-4.3	<0.01
Heinecken 6	-4.6	<0.01
Heinecken 12	-6.1	<0.01
Odoul 6	-5.4	<0.01
Becks 12	-7	<0.01
Becks 6	-7.3	<0.01
Corona 12	-5.4	<0.01
Molson 12	-4.1	<0.01

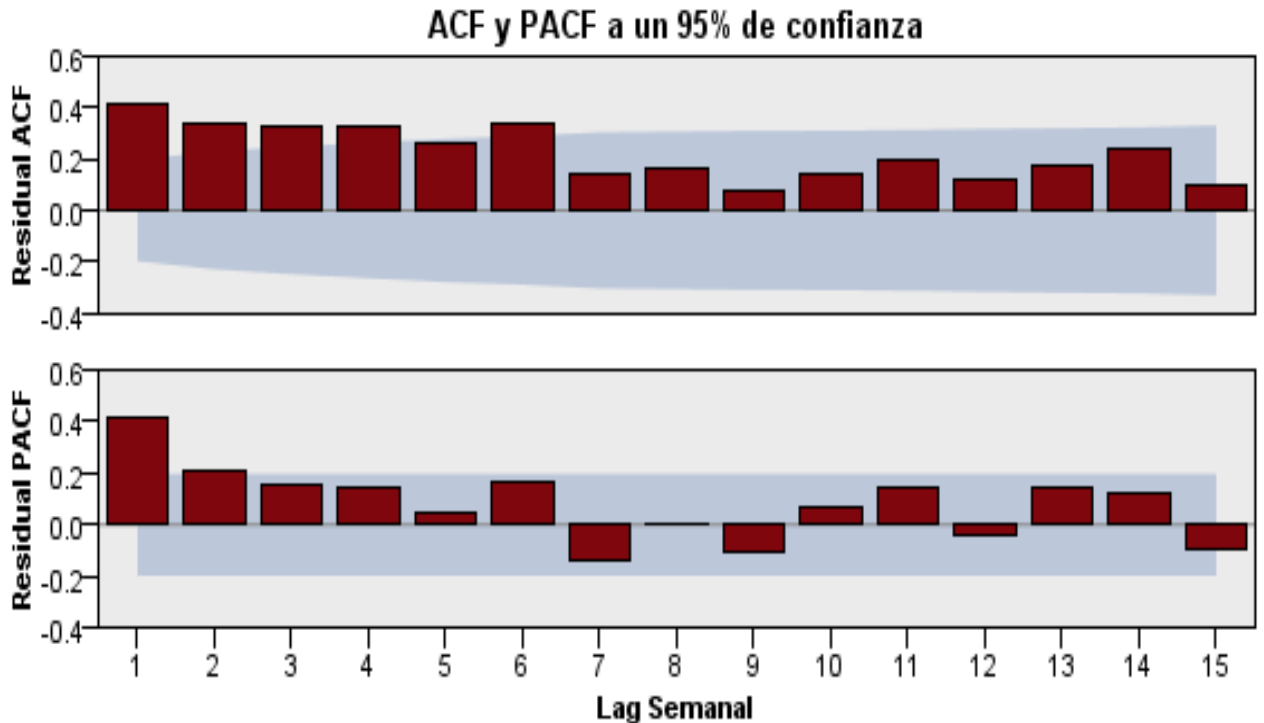
Fuente: Elaboración Propia

Para todas las series se rechaza la hipótesis nula y no es necesario diferenciar. Se utilizarán modelos ARMAX(p q).

8.1.3 ACF y PACF

Para todos los productos se analiza gráficamente las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial. A modo de ejemplo se muestran ambas funciones para un modelo ARIMAX(0 0 0) del producto Corona 6-Pack, hasta un posible efecto de 15 semanas anteriores.

Ilustración 5: ACF y PACF cerveza Corona 6-Pack



Fuente: Elaboración Propia

La función de autocorrelación parcial indica un efecto de seis semanas previas. La función de autocorrelación sugiere probar con efecto de dos y una semana de anticipación, ya que son los períodos que salen del rango de confianza. De esta manera se obtienen posibles modelos a comparar utilizando las demás métricas propuestas en la metodología.

8.1.4 Comparación de modelos

Para cada una de las series temporales se prueban tanto las series sugeridas por el análisis gráfico de ACF y PACF como un modelo sin la inclusión de factores temporales. Posteriormente se verifica que el error sea aleatorio, y se analizan los valores de R^2 y MAPE. Se utiliza el criterio de Schwartz para elegir el modelo adecuado.

En la siguiente tabla se muestra el análisis comparativo realizado para la cerveza Corona 6-Pack.

Tabla 6: Comparación modelos Corona 6-Pack

Corona 6-Pack	R2	MAPE	Norm. BIC	Sig.
ARMAX(0 0)	0.731	45.7	4.05	0
ARMAX(6 0)	0.841	29.8	3.87	0.33
ARMAX(2 0)	0.817	34.1	3.78	0.01
ARMAX(1 0)	0.792	35.5	3.85	0
ARMAX(1 1)	0.83	31.2	3.71	0.02
ARMAX(1 2)	0.831	31.2	3.76	0.02
ARMAX(0 1)	0.766	40	3.97	0
ARMAX(0 2)	0.789	37.9	3.92	0
ARMAX(0 6)	0.834	31.5	3.91	0.06

Fuente: Elaboración Propia

El criterio de Schwarz sugiere ARMAX(1 1), mientras que el mejor MAPE y R^2 los presenta ARMAX(6 0). Normalmente se elegiría el modelo ARIMAX(1 1), sin embargo en este caso no cumple con el requisito de significancia. En la última columna se presenta la significancia del test Ljung-Box, y para afirmar que el error es aleatorio el valor debe ser mayor a 0,05. Dentro de los modelos que cumplen esta condición se elige el modelo ARMAX(6 0).

8.1.5 Modelos utilizados

Tras aplicar la metodología se obtienen las series temporales a utilizar para cada uno de los productos. En la siguiente tabla se presentan las series utilizadas, junto con los estadísticos R^2 y MAPE y la cantidad de productos que afectan la predicción de demanda con sus precios en adición del propio.

Tabla 7: Modelos utilizados

Cerveza	Modelo	R2	MAPE	Competencia
Corona 6-Pack	ARMAX(6 0)	0.848	28.9	2
Heinecken 6-Pack	ARMAX(2 0)	0.817	36.4	1
Heinecken 12-Pack	ARMAX(1 0)	0.887	46.7	0
O'Doul 6-Pack	ARMAX(4 0)	0.626	52.909	1
Becks 12-Pack	Solo precios	0.712	63.63	1
Becks 6-Pack	Solo precios	0.778	53.125	2
Corona 12-Pack	Solo precios	0.812	65.9	1
Molson 12-Pack	ARMAX(1 0)	0.691	70.4	0

Fuente: Elaboración Propia

Para tres productos no se incluyen componentes temporales, dado que los criterios de selección favorecieron estos modelos por sobre la inclusión del comportamiento histórico. Los valores del MAPE son más altos de lo deseado, sin embargo se tiene que con series de tiempo complejas y difíciles de predecir.

8.1.6 Parámetros modelo

A modo de ejemplo se presentan los parámetros del modelo de predicción para la cerveza Heinecken 6-Pack, segunda en ventas semanales. En la tabla se muestra el parámetro, su valor, su error estándar y su significancia. Todos los parámetros son relevantes para el modelo, rechazando la hipótesis nula que su valor es 0.

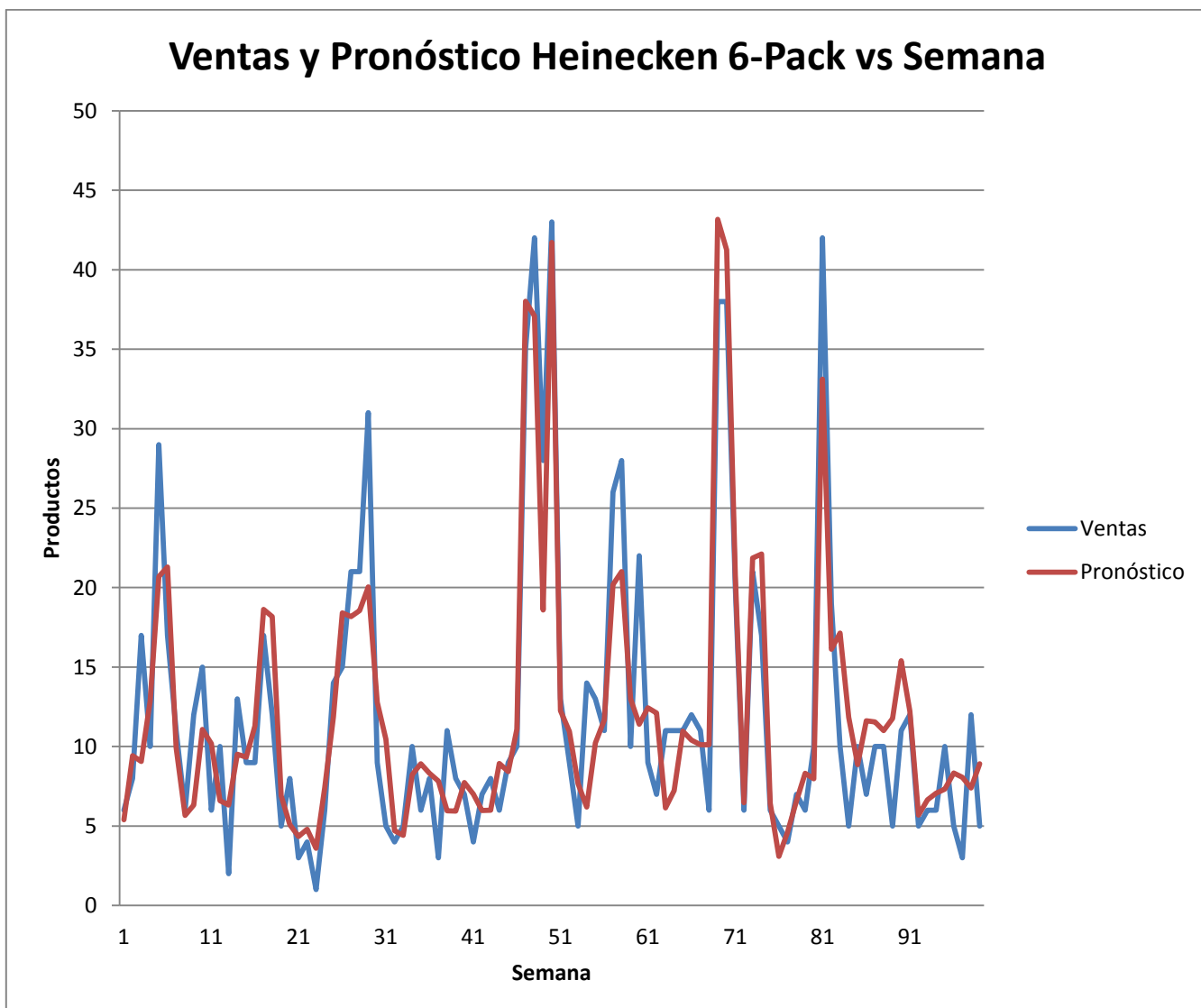
Tabla 8: Parámetros regresión Heinecken 6-Pack

Parámetro	Valor	Error	Sig.
Constante	63.17	9.12	0
AR lag 1	0.26	0.1	0.014
AR lag2	0.25	0.1	0.015
Precio Heinecken 6-Pack	-9.83	1.08	0
Precio Heinecken 12-Pack	1.09	0.36	0.003
Dummy Semanas 47, 50, 69 y 81	19.85	1.92	0

Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros tienen valores que se ajustan a la intuición. Existe una relación negativa con el precio actual del producto, a mayor precio menores ventas. El precio de la cerveza competidora tiene un efecto positivo en las ventas. Si Heinecken 12-Pack aumenta su precio, la gente compra más del producto analizado. Y se tiene un efecto positivo de las ventas durante los dos períodos anteriores. Con los parámetros descritos se tiene el siguiente ajuste gráfico en el período de entrenamiento.

Ilustración 6: Ventas y predicción de ventas Heinecken 6-Pack



Fuente: Elaboración Propia

A pesar de ser una serie compleja con mucha variación el análisis gráfico muestra que para el set de entrenamiento el pronóstico es bueno.

8.1.7 Efectos Dinámicos

Uno de los objetivos en el presente trabajo de título es determinar la inclusión de series temporales dentro de la problemática de Pricing. Lo que se busca determinar es el efecto que tiene la fijación del precio en un período en las ventas futuras.

Este efecto ha sido incluido hasta el momento con las componentes temporales del modelo AR(n). Las ventas en el período "t" dependen de las ventas en el período "t-n".

Las ventas en “t-n” dependen de los precios en “t-n”. Luego, las ventas en el período “n” dependen de los precios en “p-n”. Es por esta razón que se ejecuta una optimización a ocho semanas, de tal manera capturar estos efectos en el problema de optimización.

La alternativa consiste en la inclusión directa de los precios en períodos anteriores sobre la demanda de un período determinado. Para estimar el efecto se proponen dos modelos: incluyendo las componentes auto regresivas y excluyéndolas.

Para ambos modelos resultó que los precios anteriores no son explicativos para el modelo. Ningún precio mostró ser significativo para la predicción. Incluyendo componentes auto regresivas el resultado es esperable dado que los precios anteriores están fuertemente correlacionados con las ventas anteriores. Luego, la nueva información siendo testada ya estaba implícita en el modelo.

Al excluirlas se esperaba tener un efecto predictivo. Sin embargo la significancia de los parámetros nuevamente fue mayor a la deseada. Una posible explicación es que en general el precio en períodos anteriores es similar al precio actual. La volatilidad de los precios no es muy alta. Para la mayoría de los períodos se están buscando incluir variables con el mismo valor que el precio actual.

Con los resultados presentados se decidió que los efectos dinámicos en el modelo están dados por las componentes auto regresivas, las cuales a su vez dependieron de precios anteriores. De esta manera, las ventas del período “t” dependen principalmente del precio propio y la competencia en el mismo período. Sin embargo se ven influenciados por las ventas en “t-n”, e indirectamente por el precio fijado en “t-n”.

Para ilustrar este efecto se toma como ejemplo el modelo de predicción para Heineken 6-Pack presentado en la Tabla 8. Un producto adicional vendido en la semana “x” un aumento de 0.26 y 0.25 productos para las semanas “x+1” y “x+2” respectivamente.

Disminuir el precio en un dólar en la semana “x” significa un aumento en ventas de 9.83 productos para su semana, 2.5 la semana siguiente y 2.4 la subsiguiente. Para este caso, el efecto del precio de cada una de las dos semanas anteriores tiene una magnitud de aproximadamente un 25% del actual.

8.2 Optimización

Con los resultados de la etapa de estimación de demanda se resuelven dos problemas de optimización. Para el primero se asume una sola fijación de precios en el primer período que se mantiene constante. En la siguiente tabla se muestran los vectores de precios, el ingreso generado por cada producto y el porcentaje del ingreso de cada producto respecto al total tanto para el vector original de precios como para el resultado de la optimización.

Tabla 9: Precios obtenidos primera optimización

Cerveza	P. Inicial [US \$]	I. Inicial [US \$]	% del total	P. Opt. [US \$]	I. Opt. [US \$]	% del total2
Corona 6	6.49	692	15%	5.80	743	12%
Heinecken 6	6.99	363	11%	4.82	1,025	16%
Heinecken 12	12.99	504	13%	10.39	2,061	32%
Odoul 6	4.29	116	5%	5.15	95	1%
Becks 12	10.99	1,216	26%	11.86	1,316	21%
Becks 6	6.99	432	12%	5.78	618	10%
Corona 12	9.99	418	12%	14.39	192	3%
Molson 12	11.99	412	6%	9.74	339	5%
Total		4,153			6,389	

Fuente: Elaboración Propia

Se logra un aumento de un 54% en el ingreso total. Se desfavorece el ingreso de Odoul 6-Pack, Corona 12-Pack y Molson 12-Pack para dar lugar a un aumento en los de los demás productos. Aumenta la participación relativa de las cervezas Heinecken en desmedro del resto.

El segundo modelo a probar no toma en cuenta la condición de que los precios de deben fijar al principio del período y permite fijaciones semanales. La siguiente tabla presenta la matriz de precios.

Tabla 10: Matriz de precios segunda optimización

Cerveza/Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Corona 6	\$ 5.88	\$ 6.11	\$ 6.06	\$ 6.07	\$ 5.62	\$ 5.61	\$ 6.14	\$ 6.10
Heinecken 6	\$ 5.03	\$ 4.71	\$ 4.61	\$ 4.63	\$ 4.49	\$ 4.47	\$ 4.61	\$ 4.69
Heinecken 12	\$ 10.39	\$ 9.01	\$ 8.99	\$ 9.00	\$ 8.75	\$ 8.69	\$ 9.02	\$ 9.10
Odoul 6	\$ 5.15	\$ 5.43	\$ 5.41	\$ 5.29	\$ 4.91	\$ 4.89	\$ 5.17	\$ 4.84
Becks 12	\$ 11.09	\$ 10.41	\$ 10.34	\$ 10.35	\$ 14.43	\$ 14.42	\$ 10.47	\$ 10.41
Becks 6	\$ 5.73	\$ 5.31	\$ 5.29	\$ 5.30	\$ 6.04	\$ 6.04	\$ 5.34	\$ 5.33
Corona 12	\$ 14.39	\$ 17.72	\$ 17.42	\$ 17.47	\$ 15.22	\$ 15.15	\$ 17.90	\$ 17.67
Molson 12	\$ 10.25	\$ 9.23	\$ 9.80	\$ 9.81	\$ 8.45	\$ 8.65	\$ 9.28	\$ 9.79

Fuente: Elaboración Propia

La matriz de precios presentada permite un ingreso total de US \$6.637, resultado aproximadamente un 4% superior al de la primera optimización. La resolución tomó notoriamente más tiempo que el anterior y podría ser problemático para conjuntos más grandes de productos. Se observa una variación de hasta un 40% del precio entre semanas consecutivas para el mismo producto.

La matriz supone fijación de precios semanal. Si bien se logra una mejora en el resultado, para el presente trabajo se considera el resultado del primer modelo de optimización dado que su aplicación es más sencilla para el supermercado. Se propone para trabajos futuros estudiar la aplicación de un modelo de esta naturaleza.

9. Análisis de Resultados

En esta sección se presenta un análisis y discusión de resultados tanto para la estimación de demanda como el problema de optimización.

9.1 Parámetros Estimación de Demanda

Existe información en los parámetros utilizados para la determinación de demanda. En la presente sección se buscan analizar los efectos del precio propio del producto, los precios de la competencia y las ventas pasadas basándose en los modelos predictivos.

9.1.1 Precio Propio

Se espera para bienes normales como las cervezas tener un efecto negativo del precio en las ventas. Es decir, si aumenta el precio las ventas debieran disminuir. La interpretación del parámetro $\beta_{i,i}$ en la estimación de demanda, el precio del producto “i” en la regresión del mismo, es directa. Si el precio del producto sube en un dólar, las ventas aumentan en $\beta_{i,i}$. En caso de tener una disminución de precio, las ventas disminuyen en la misma proporción. A continuación se presentan los valores para cada una de las regresiones realizadas.

Tabla 11: Efecto precio propio y elasticidad

Cerveza	Efecto Precio Propio	Elasticidad Precio Demanda
Corona 6	-13.5	-4.9
Heinecken 6	-9.8	-5.4
Heinecken 12	-6.9	-7.4
Odoul 6	-4.1	-1.4
Becks 12	-3.6	-4.5
Becks 6	-8.4	-5.7
Corona 12	-1.1	-1.7
Molson 12	-3.0	-4.4

Fuente: Elaboración Propia

Se cumple el supuesto de que el efecto precio propio sea negativo para cada uno de los productos. Utilizando los valores de variación de demanda antes la variación de un dólar y los precios promedio descritos en la tabla 1 se incluye una estimación de la elasticidad precio demanda.

La mayor elasticidad precio demanda la presenta el producto Heinecken 12-Pack, mientras que las menores se observan en los productos Odoul 6-Pack y Corona 12-Pack. Los demás valores son similares entre sí. Todas indican que se trata de productos elásticos, dado que el valor es menor que -1. Se concluye que son productos sensibles al precio.

9.1.2 Precio Competencia

No todos los productos dependen del precio de los demás. Para las ocho cervezas analizadas se tienen en total siete efectos cruzados. Lo esperable es que sean valores positivos entre productos que compiten entre sí. Si el precio de un producto aumenta, las ventas de la competencia debieran aumentar.

Cinco de los siete efectos mencionados cumplen con esta condición. Sin embargo hay dos efectos negativos, los precios de Becks 6-Pack y Heineken 12-Pack sobre las ventas de Corona 6-Pack y O'doul 6-Pack respectivamente. Acorde a la sección 8 del presente trabajo hay correlación débil en los precios de ambos pares de productos. Tampoco se observa una correlación fuerte entre los pares precio-venta comentados en la presente sección. El resultado se considera atípico y se deja planteado un análisis en profundidad de la causa.

El precio de la cerveza Heineken 12-Pack afecta en la demanda de tres productos aparte la suya. Aparte del efecto negativo comentado anteriormente, se tiene relación positiva con las ventas de las dos cervezas más populares, Corona 6-Pack y Heineken 6-Pack. Es además el tercer producto más vendido y el que tiene presenta mayor elasticidad. Posteriormente se analizarán efectos de su precio sobre el ingreso total.

Los precios de las cervezas Becks 6-Pack y Becks 12-Pack tienen un efecto positivo entre ellas. Consisten en la misma cerveza en distinto empaque y sus precios no presentan una correlación fuerte, por lo que el resultado de este efecto cruzado se ajusta a lo esperado. Cuando uno de los precios sube los consumidores aumentan su demanda por el mismo producto en otro empaque.

En el análisis preliminar de datos se hizo la observación de las correlaciones entre la venta de la cerveza O'doul y los precios de la competencia. Las cuatro correlaciones fuertes mencionadas en dicha sección no tienen efecto predictivo en el modelo. La única cerveza que afecta la demanda del producto es Heineken 12-Pack, dando un caso en el cuál existe correlación pero no causalidad.

9.1.3 Efectos Temporales

Para cinco de los ocho productos se determinó que la inclusión del comportamiento histórico genera un mejor modelo de predicción de demanda. Entre estos productos se encuentran los con mayores ventas. Corona 6-Pack requirió de 6 parámetros auto regresivos, la mayor cantidad de la muestra. En este caso particular se requirieron estas componentes para lograr aleatoriedad del error.

Todos los parámetros temporales tienen signo positivo y menor que uno, implicando que ventas altas en períodos anteriores explican ventas altas posteriores.

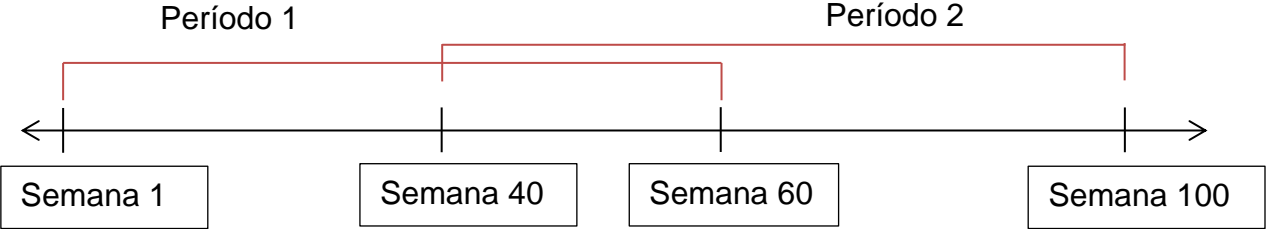
Los productos Becks 12-Pack, Becks 6-Pack y Corona 12-Pack son aquellos para los cuales el mejor modelo no incluye componente temporal. Sus ventas se explican por los precios.

9.2 Validación de Parámetros

Para validar los parámetros descritos en la sección anterior se propone analizar su continuidad en el tiempo. Para esto se realizan dos divisiones con igual cantidad de días a los cuales se ajustará el modelo.

La muestra total corresponde a 100 semanas. Los dos períodos a evaluar corresponden a las primeras y las últimas 60. A continuación se muestra un diagrama con la división.

Ilustración 7: Períodos Validación



Fuente: Elaboración Propia

Para cada uno de los períodos se realiza la regresión correspondiente y se analizan los valores obtenidos para el modelo. Mientras menos varíen entre sí la predicción se considera más robusta.

9.2.1 Validación Precio Propio

En la siguiente tabla se presentan los resultados de ambos períodos para el efecto del precio propio en las ventas. Se incluye además el valor de la regresión inicial, la desviación estándar al respecto y el coeficiente de variación de los valores en relación al total.

Tabla 12: Validación precio propio en el tiempo

Cerveza	Total	Período 1	Período 2	Desviación	% Variación
Corona 6	-13.5	-11.6	-15.5	1.95	14%
Heinecken 6	-9.8	-12.1	-9.6	1.62	16%
Heinecken 12	-6.9	-6.4	-7.4	0.49	7%
Odoul 6	-4.1	-7.1	-2.4	2.40	58%
Becks 12	-3.6	-3.8	-3.5	0.13	4%
Becks 6	-8.4	-8.7	-8.3	0.25	3%
Corona 12	-1.8	-2.0	-2.0	0.24	14%
Molson 12	-3.0	-3.3	-3.1	0.25	8%

Fuente: Elaboración Propia

Los valores en general son consistentes en el tiempo. La mayoría de las cervezas muestran un coeficiente de variación cercano al 15% o menor. La cerveza O'doul 6-Pack sin embargo se escapa de estos valores, teniendo una variación significativamente distinta a los demás productos. En el primer período la respuesta al precio fue más marcada que en el segundo.

Se concluye que la mayoría de los efectos precio propio son consistentes en el tiempo y que el efecto sobre la cerveza O'doul debe ser tomando con precaución dado que la respuesta de la demanda al precio puede haber cambiado con el tiempo.

9.2.2 Validación Precios Cruzados

Se presenta un análisis similar para los efectos de precios cruzados. Como se mencionó anteriormente, el total de efectos son siete para los ocho productos y dos de esos tienen valores contra intuitivos.

Tabla 13: Validación precios cruzados en el tiempo

Cerveza	Precio	Total	Período 1	Período 2	Desviación	% Variación
Corona 6	Heinecken 12	1.02	1.31	0.59	0.37	36%
Corona 6	Becks 6	-2.49	-2.55	-2.24	0.18	7%
Heinecken 6	Heinecken 12	1.09	1.24	0.56	0.39	36%
O'doul 6	Heinecken 12	-0.41	-0.53	-1.02	0.44	109%
Becks 12	Becks 6	2.43	1.62	3.32	0.85	35%
Becks 6	Becks 12	1.42	1.72	1.30	0.23	16%
Becks 6	Molson	0.69	0.47	0.84	0.19	28%

Fuente: Elaboración Propia

Los efectos cruzados tienen un mayor efecto de variación respecto a los precios propios. La respuesta de la demanda ante estos precios tiene menor constancia en el tiempo.

Todos los efectos mantienen su signo en el tiempo. De los efectos negativos, el precio de Becks 6-Pack muestra la menor de las variaciones en el tiempo. El precio de Heinecken 12-Pack sobre las ventas de O'doul 6-Pack tiene la mayor variación, sin embargo mantiene el signo negativo en los tres períodos analizados.

9.2.3 Validación Series Temporales

Se realiza el mismo análisis para los parámetros de los efectos temporales en el modelo, presentado en la siguiente tabla.

Tabla 14: Validación efectos temporales

Cerveza	Retraso	Total	Período 1	Período 2	Desviación	% Variación
Corona 6	Lag 2	0.22	0.26	0.23	0.02	11%
Corona 6	Lag 6	0.27	0.26	0.25	0.01	5%
Heinecken 6	Lag 1	0.26	0.13	0.46	0.17	66%
Heinecken 6	Lag 2	0.25	0.35	0.11	0.12	47%
Heinecken 12	Lag 1	0.27	0.24	0.27	0.02	7%
O´doul	Lag 2	0.16	-0.04	0.35	0.20	121%
O´doul	Lag 4	0.37	0.39	-0.04	0.29	78%
Molson	Lag 1	0.43	0.48	0.36	0.06	14%

Fuente: Elaboración Propia

Para tres de los cinco productos en los que se incluyen componentes temporales la variación es pequeña en los períodos analizados. Heinecken 6-Pack y O´doul presentan volatilidad alta en el análisis. La cerveza O´doul llama principalmente la atención ya que los efectos temporales cambian de signo durante los períodos incluidos. El efecto negativo no es esperable y genera poca confianza en los parámetros encontrados. Se sugiere tomar precaución con este producto y generar nuevos ajustes con más datos para determinar valores confiables.

9.3 Análisis de Sensibilidad

Con el fin de determinar el efecto de los precios y las restricciones en el ingreso del modelo se presentan cuatro análisis de sensibilidad. Este análisis se realiza tomando como supuesto una fijación única de precios en el tiempo,

El primero consiste en la relajación de la restricción referida a que la suma de los precios debe ser constante. El segundo en el efecto de la restricción inferior de pesos en el ingreso. Arbitrariamente se eligió un 80% del precio original, y se busca ver el efecto del aumento y disminución de este margen. El tercer caso consiste en el análogo para la restricción superior, originalmente un 120%. Finalmente se presenta el efecto sobre el ingreso del cambio en un dólar de cada uno de los productos, buscando diferenciar cuáles son los que tienen mayor impacto en la ganancia.

9.3.1 Restricción Suma de Precios Constante

Al eliminar la restricción descrita se obtiene un nuevo vector de precios. En la tabla se presenta junto a los precios originales y el valor porcentual del nuevo precio con el original.

Tabla 15: Optimización sin restricción promedio precios

Cerveza	Original [US \$]	Solo rest. Precio [US \$]	% P. Inicial
Corona 6	6.49	5.19	80%
Heinecken 6	5.99	4.79	80%
Heinecken 12	12.99	10.39	80%
Odoul 6	4.29	3.43	80%
Becks 12	12.99	10.39	80%
Becks 6	6.99	5.59	80%
Corona 12	11.99	9.59	80%
Molson 12	11.99	9.59	80%
Total	4,153	7,248	175%

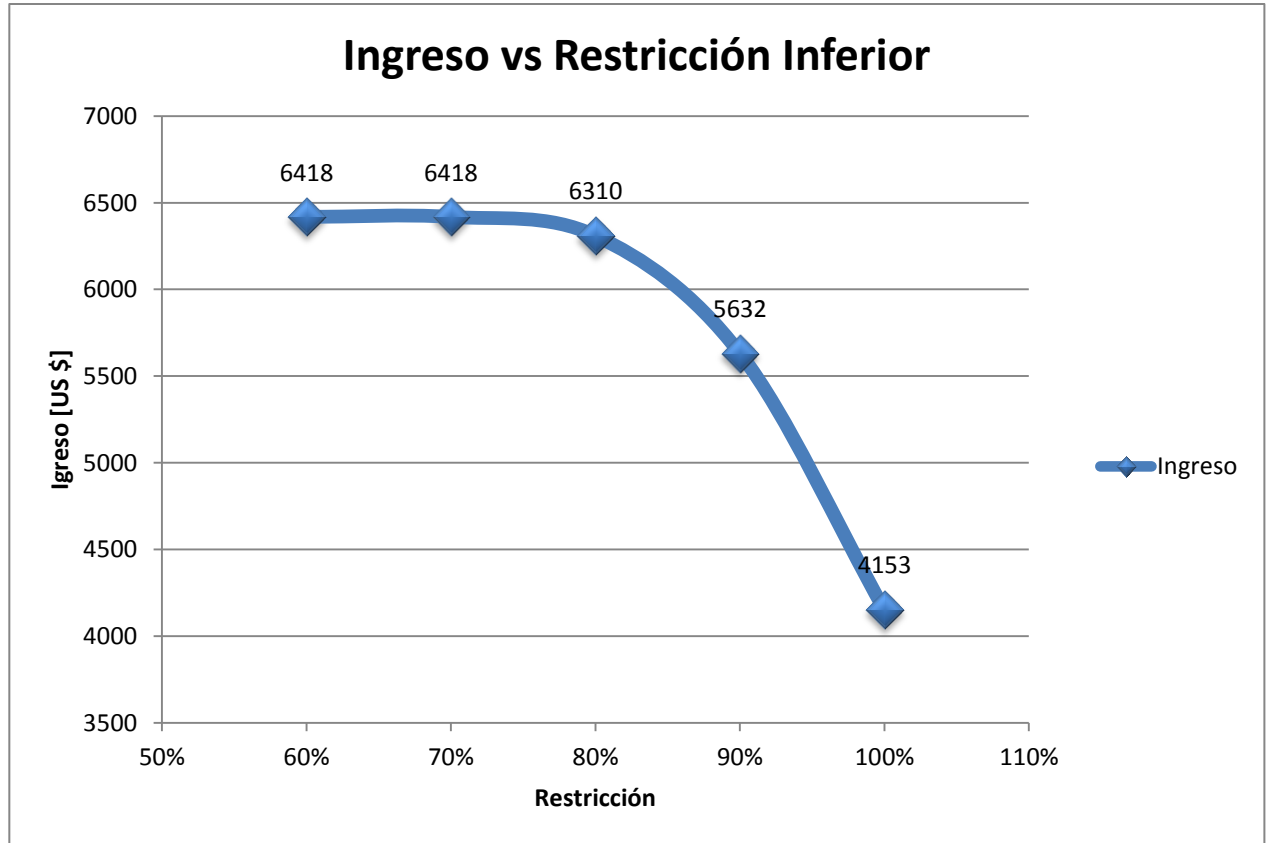
Fuente: Elaboración Propia

El ingreso final es mayor, logrando un aumento de un 75% durante los ocho períodos. Sin embargo todos los resultados se ajustan a la restricción inferior. No se desea contar con un resultado de esta naturaleza, por lo cual se sugiere incluir la restricción.

9.3.2 Límite Inferior

Se optimiza el ingreso para distintos valores asociados a la restricción de límite inferior de precios. Para el análisis se parte de la restricción de un 100% del precio inicial (ningún precio puede bajar) hasta el punto en el cuál relajar la restricción ya no aporta a la solución o un 50% del precio inicial.

Ilustración 8: Sensibilidad restricción límite inferior



Fuente: Elaboración Propia

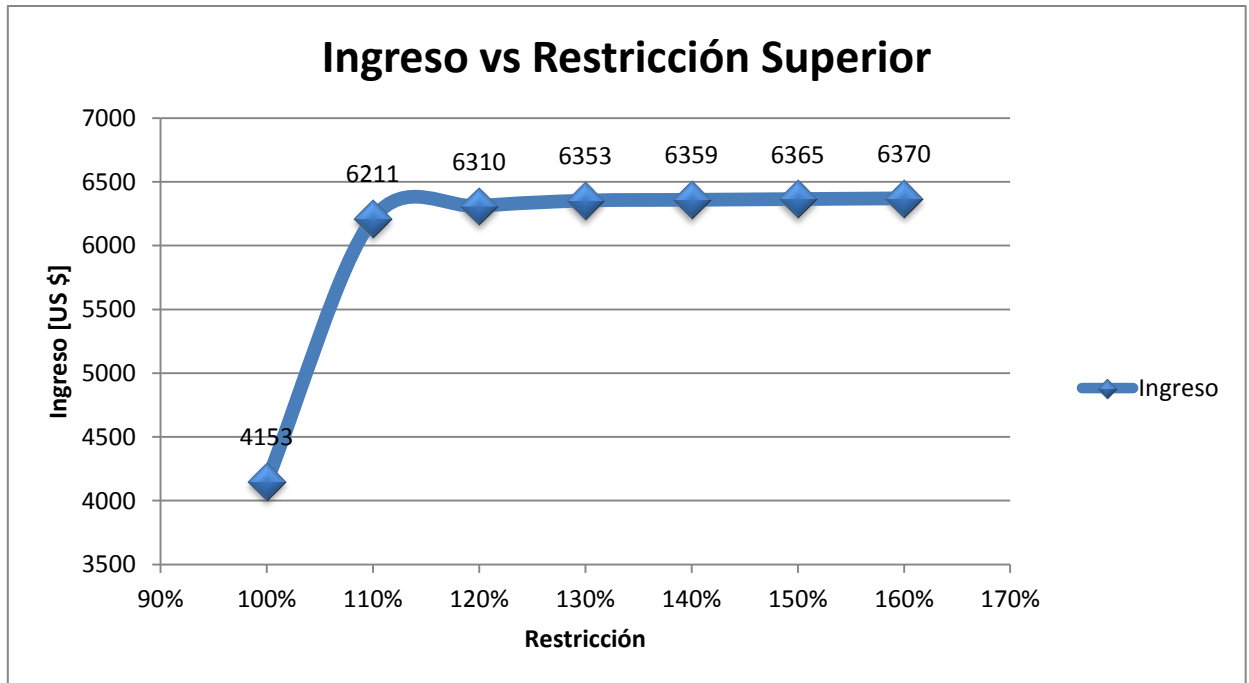
La restricción comienza a hacer efecto a partir de un 70% del precio inicial. El valor más bajo en la solución óptima es más alto que el indicado. El ingreso baja fuertemente entre un 80% y un 90% y se ajusta al valor inicial al imponer que ningún precio puede bajar. Esto indica que subir algunos precios sin disminuir otros no genera ingresos superiores para ningún producto.

El 80% propuesto inicial tiene un valor cercano al óptimo en relación a esta restricción, pero para valores más altos el ingreso se ve severamente castigado.

9.3.3 Límite Superior

Se realiza un procedimiento análogo para la restricción asociada a los valores superiores dentro del modelo. Se aumenta la restricción hasta encontrar valores que no mejoren la solución o un 160% del precio original.

Ilustración 9: Sensibilidad restricción límite superior



Fuente: Elaboración Propia

Admitir un ligero aumento de precios en algunos productos tiene un gran impacto en el ingreso, dando paso a una disminución en el de las cervezas con mayor elasticidad. A partir de ese punto se tiene un aumento constante y suave respecto a la relajación de la restricción. No se llega a un equilibrio, y se observa que al aumentar el monto de restricción aumenta el precio de los productos menos sensibles, principalmente Corona 12-Pack, dando paso a la disminución de precio de los más sensibles.

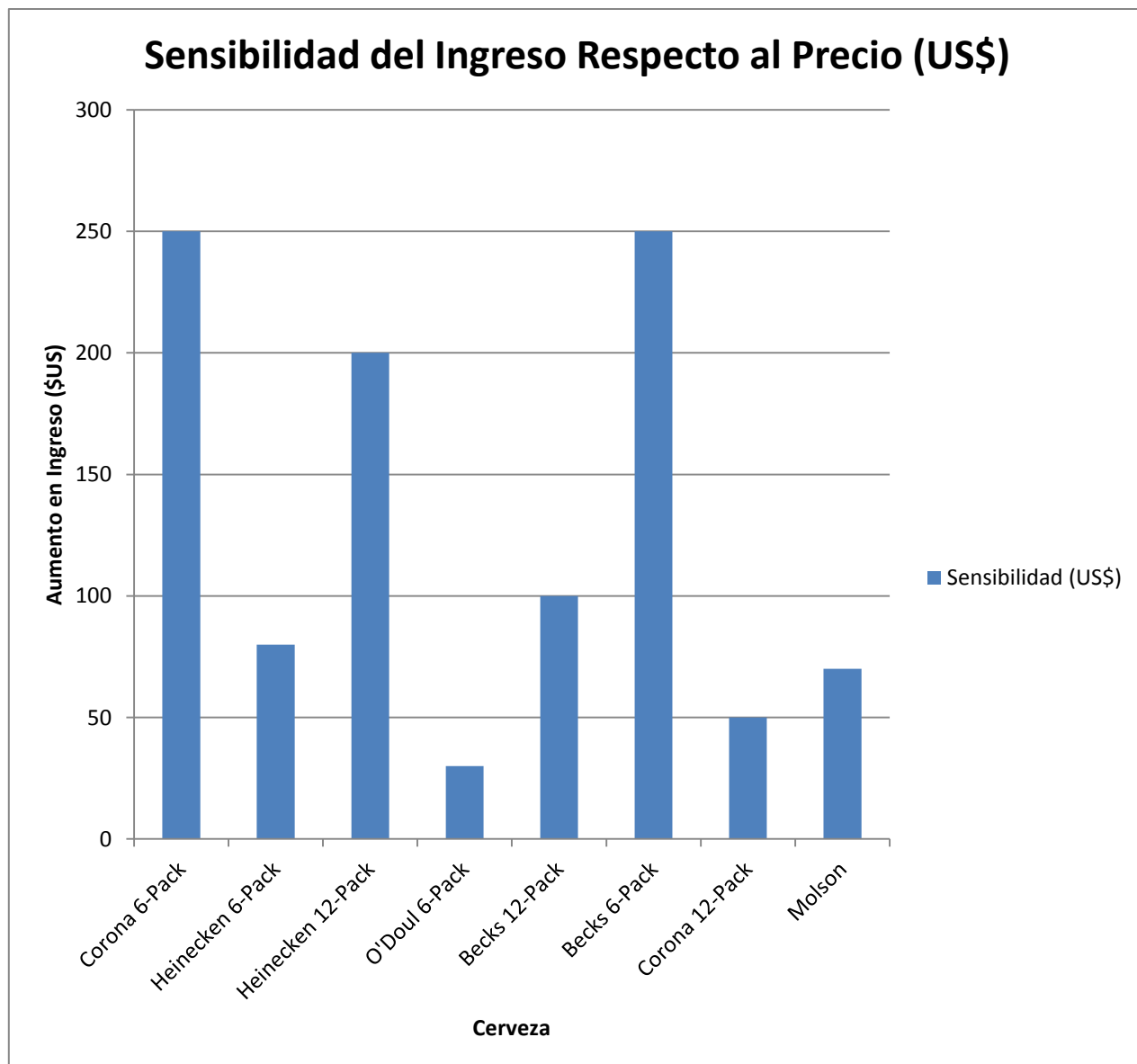
Para llegar a un punto en el cuál el relajo de la restricción no genere ninguna mejora en la solución óptima se debe imponer que ningún precio puede subir más de un 380% de su valor inicial. Para este caso se obtiene un ingreso de US\$ 6,432. El efecto de relajar la restricción más allá de un 120% del valor original es pequeño en relación a los montos.

9.3.4 Efecto de Precios en el Ingreso

En la presente sección se pretende determinar la variación que produce en el ingreso la disminución en un dólar del precio de cada uno de los productos, para determinar cuales tienen mayor y menor impacto.

A raíz de los resultados anteriores se espera un aumento en los ingresos al disminuir el precio de un producto. El siguiente gráfico muestra el aumento en el ingreso total dado por la disminución en el precio para los ocho productos analizados.

Ilustración 10: Sensibilidad del ingreso respecto a variaciones de un dólar



Fuente: Elaboración Propia

El ingreso muestra especial sensibilidad por los productos Corona 6-Pack, Heinecken 12-Pack y Becks 6-Pack. Son tres de los cuatro productos con mayor elasticidad de la demanda, y los tres afectan las ventas del producto más popular, Corona 6-Pack.

Por otro lado las cervezas O'doul 6-Pack y Corona 12-Pack tienen el menor impacto en el ingreso total de la muestra. Es de esperar que al maximizar ingresos los precios a subir correspondan a estas cervezas.

Un caso interesante es el de Heinecken 6-Pack, que a pesar de tener elasticidad precio demanda y ventas altas tiene un impacto menor que los demás productos populares.

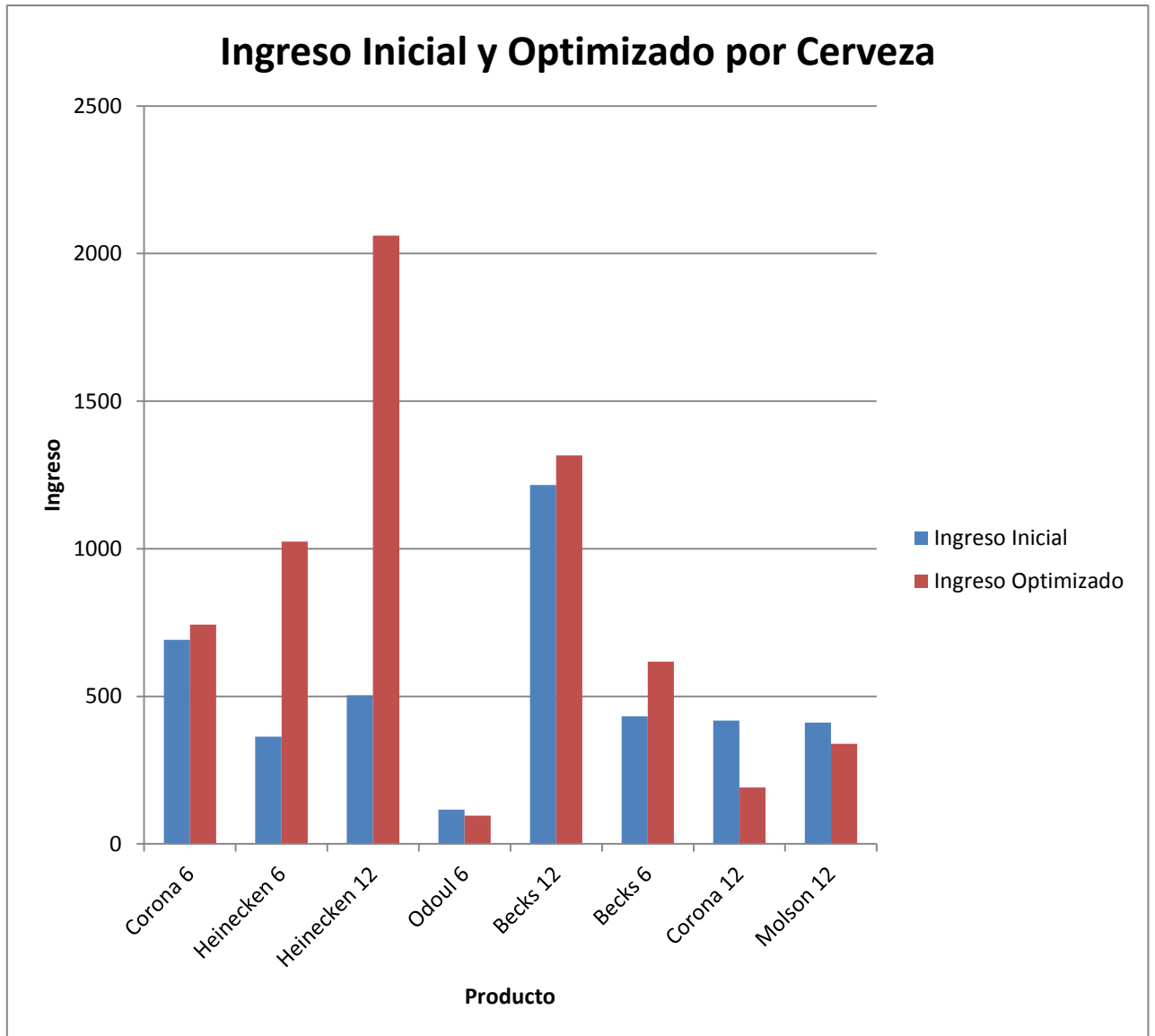
9.4 Resultados Optimización

De la tabla 9 se observa que para llegar al resultado óptimo tres de los precios, O'doul 6-Pack, Becks 12-Pack y Corona 12-Pack, aumentaron. Los cinco precios restantes disminuyeron. Dos de estos tres productos corresponden a los que tienen menor elasticidad precio de la demanda, y las que tienen el menor impacto en el ingreso.

Becks 12-Pack aumenta su ingreso a pesar del aumento en su precio. Este resultado no es esperado, tomando en cuenta que la estimación del efecto del precio propio indica que el producto es elástico (-4.7). El efecto se explica ya que durante el período de optimización se incluyen fechas de altas ventas para la cerveza. Luego, la variable "Dummy" hace que para este período un aumento en el precio aumente los ingresos. Cabe notar que para este producto el sólo hecho de ser una fecha especial aumenta la venta semanal en treinta unidades.

El siguiente gráfico presenta los ingresos totales por producto en el período de optimización antes y después de maximizar.

Ilustración 11: Variación ingreso con optimización por cerveza

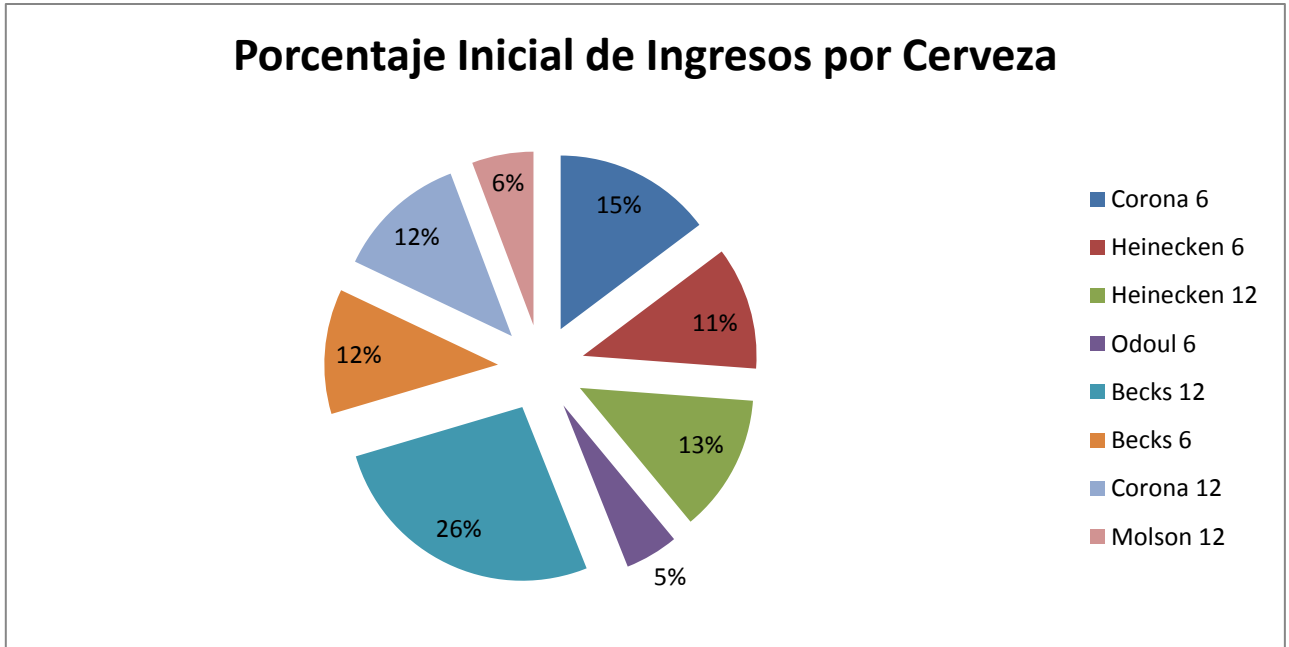


Fuente: Elaboración Propia

El principal aumento se da para las cervezas Heineken, especialmente el empaque 12-Pack. Corona 6-Pack y ambos empaques de Becker generan el resto del aumento en ingresos. O'doul 6-Pack, Corona 12-Pack y Molson 12-Pack obtienen menores ingresos en relación a la situación inicial.

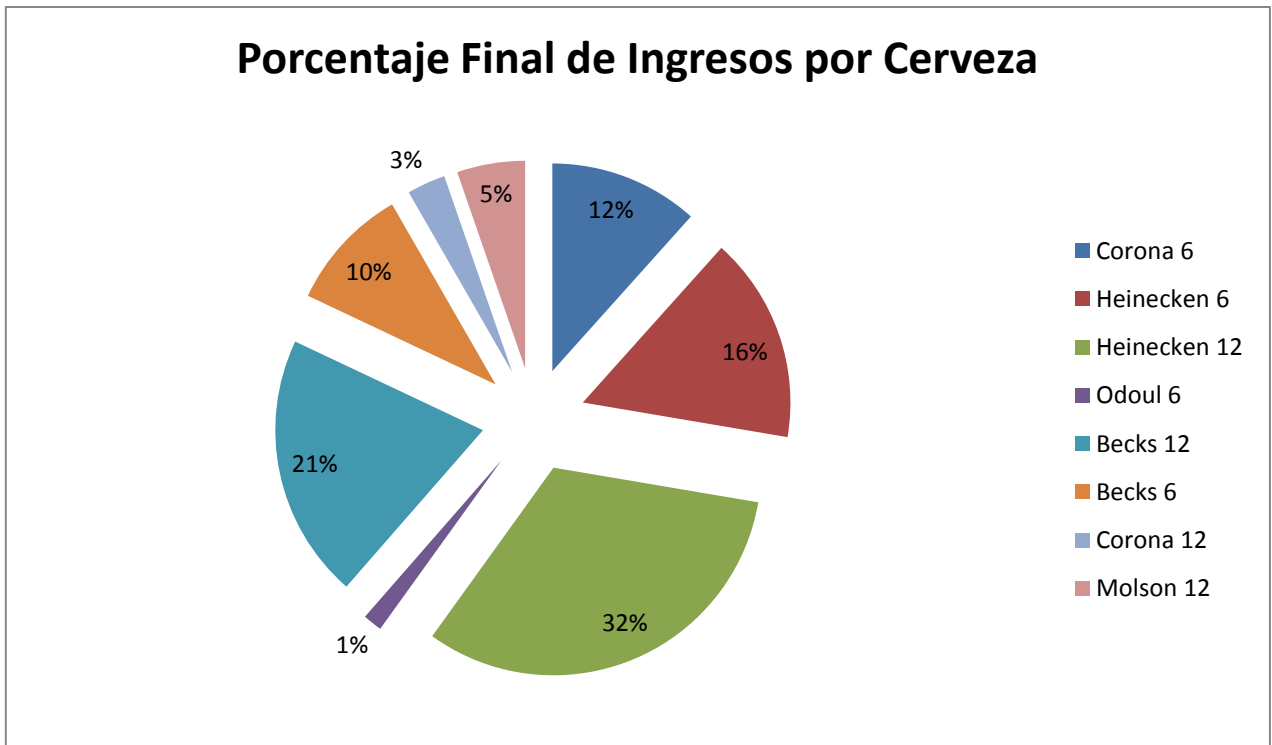
En los siguientes dos gráficos se observa el porcentaje de ingresos por producto del total. En primera instancia se presenta la situación inicial, seguida de la optimizada.

Ilustración 12: Participación en ingreso situación inicial



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 13: Participación en ingreso optimizado



Fuente: Elaboración Propia

Todos los productos disminuyen su rol en el ingreso total con la excepción de Heinecken 12-Pack, que pasa de explicar un 13% del ingreso total a un 32%. Tomando en cuenta que se describió anteriormente que las cervezas con mayor efecto en el ingreso son Corona 6-Pack y Becks 6-Pack, este resultado no es del todo esperado. Heinecken 12-Pack, sin embargo, consiste en el tercer producto con mayor impacto y el con mayor elasticidad.

10. Conclusiones

Los principales objetivos dentro de la memoria se cumplen en el presente trabajo. Se obtiene un vector de precios que mejora los ingresos en un 54% para un total de ocho semanas. Este vector se ajusta a restricciones arbitrarias, sin embargo se observa en el análisis de sensibilidad que aunque las restricciones sean más severas se seguirá obteniendo un resultado mejor que el inicial.

Se obtiene que para este caso los productos que tienen mayor margen para mejorar su ingreso son las cervezas marca Heineken. Pequeñas disminuciones generan aumentos significativos en el ingreso total. Son productos que muestran alta elasticidad precio de la demanda y alto impacto en el ingreso.

Por su parte, el aumento o disminución del precio en cervezas con menores ventas no pareciera tener mayor impacto en el ingreso. El resultado indica que las dos cervezas menos vendidas disminuyan su aporte tanto en porcentaje del ingreso como en ingreso total. La metodología sugiere mejorar la situación inicial con los productos más vendidos.

Si se fija cada precio por separado, sin exigir que la suma sea constante se obtiene una solución en la cual los precios se pegan a la variación inferior máxima permitida. Este resultado, aunque genera mejores ingresos acorde al modelo de predicción de demanda, se considera poco creíble. Es por esto que la inclusión de restricciones de esta naturaleza se recomienda al realizar el modelo de optimización.

La existencia de restricciones referidas a los límites inferiores y superiores de variación de precio son relevantes para el ingreso final. Sin embargo, la fijación de un 20% de variación como máximo se recomienda para este caso. No se generan variaciones violentas de precio pero sí resultados cercanos al óptimo. Restricciones más estrictas, como por ejemplo un 10%, empeoran la solución final pero siguen mejorando considerablemente la inicial. Relajar esta restricción a un 30% por su lado genera resultados ligeramente superiores.

La predicción de demanda incluye tanto factores temporales como precios dentro de la categoría. Los resultados de la predicción son mejores a medida que existan más ventas para el producto. Cervezas con menores ventas obtuvieron los peores indicadores tanto en MAPE como en R^2 . Al aplicar la metodología se debe tomar en cuenta que los productos deben tener ventas altas para obtener resultados sólidos.

La metodología permite obtener de manera indirecta una estimación de las elasticidades precio demanda del producto, tanto propias como cruzadas. Esto ayuda a la comprensión de los parámetros y permite obtener un resultado práctico para la toma de decisiones.

Las componentes temporales mejoran la predicción de algunos de los productos. La inclusión de efectos de precios rezagados no genera aporte al modelo. Esta información se incluye implícitamente en las ventas de períodos anteriores. Luego, para aquellos productos que consideran efectos temporales los precios de períodos anteriores sí

afectan a la demanda.

El vector de precios óptimos mejora el ingreso pero tiene limitantes. En primera instancia desfavorece el ingreso de ciertos productos para aumentar el de otros. Esto podría generar conflictos con algunos proveedores, complicando la implementación. El vector propuesto en el presente trabajo favorece fuertemente las marcas Becks y Heineken mientras castiga las marcas Molson y O'doul. Es por esto que se recomienda tomar el vector con discreción.

Durante el desarrollo de la metodología se obtienen una serie de resultados que permiten comprender de mejor manera la industria y el comportamiento de los consumidores. En esta sección se destacan principalmente el efecto de variaciones de precio en las ventas de una variable y en el ingreso total de la categoría. Independiente del vector propuesto estos resultados permiten mejorar la toma de decisiones dando información sobre variaciones pequeñas en el precio que pueden tener un gran impacto en los ingresos.

Se resalta la importancia de tener una base de datos consistente y actualizada para la aplicación de la metodología. Datos erróneos o faltantes podrían llevar a conclusiones incorrectas. Se observa que para el presente trabajo se tuvo que asumir la existencia de información faltante y explicarla mediante la inclusión de variables "dummy". Una base de datos completa podría haber ahorrado esta problemática y generado resultados más consistentes con la realidad.

En el presente informe se observa que la existencia de fechas especiales en la cerveza Becks 12-Pack durante el período de optimización genera un resultado poco esperable. Esta fecha permite aumentar el precio manteniendo ventas altas, generando mayor ingreso para precios más altos. Este resultado se contradice con la elasticidad estimada y podría constituir un error en el modelo.

Como trabajo futuro se plantea la aplicación de la metodología descrita para un caso actual en el mercado local. Esta permite gran aprendizaje sobre la categoría en estudio, y las conclusiones obtenidas podrían aumentar los ingresos de manera considerable.

Un aumento de un 50% en los ingresos genera dudas respecto al resultado. Se observa que los precios durante la calibración tienen variaciones menores a las que propone el modelo. Se sugiere para trabajos posteriores realizar la metodología con restricciones más estrictas de manera de obtener un vector que requiera cambios menores en los precios. De esta manera se podrían obtener resultados que mejoren los ingresos sin modificar radicalmente la estructura de precios.

La realización del trabajo requiere personal especializado. Es alta en términos de horas-hombre, pero solo hasta obtener una estructura general de la resolución. A partir de ese punto la actualización con nuevos datos o la adición de nuevas variables es sencilla, y se puede obtener aprendizaje valioso sin gran costo.

11. Bibliografía

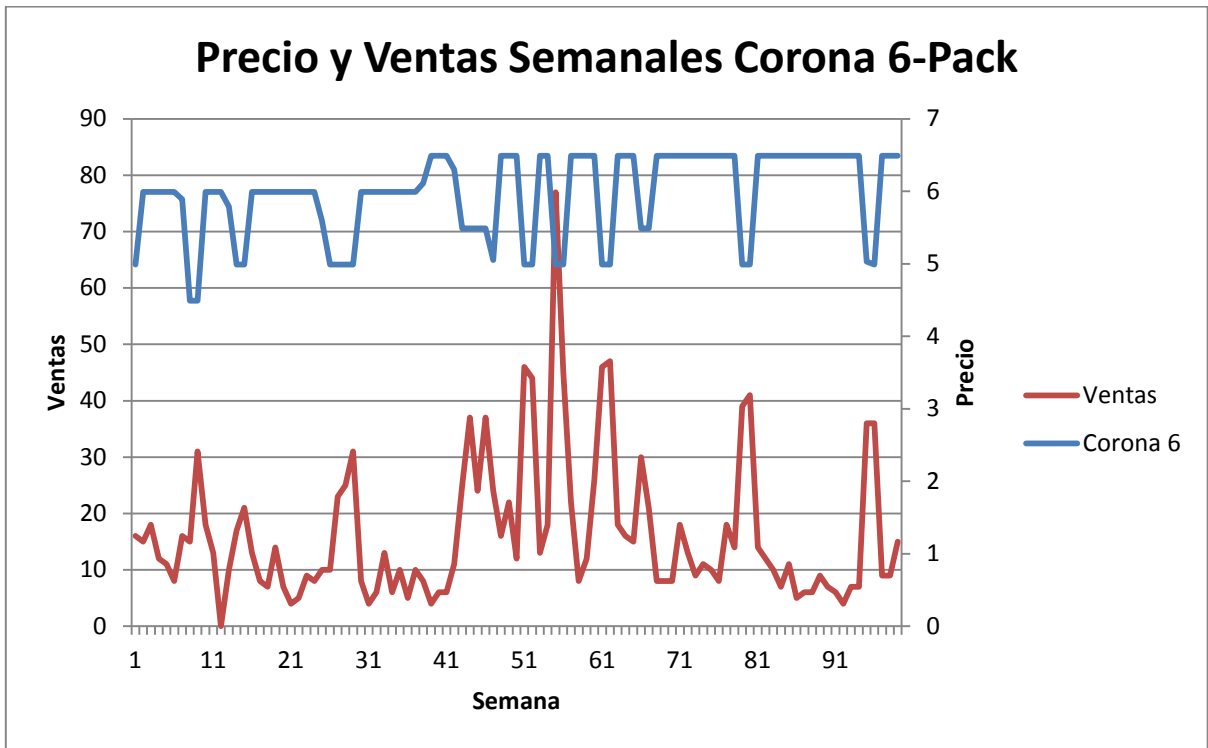
- [1] Diaz K. 2012. "Determinación de Ajustes Semanales Para el Pricing de una Cadena de Supermercados". Memoria Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Chile.
- [2]"Factores del éxito en el retail" Curso Adolfo Ibañes, Junio-Agosto 2013
- [3] Diario Financiero Online <http://m.df.cl/suben-ingresos-del-retail-pero-caen-las-utilidades/prontus_df/2013-09-30/194414.html> Consulta en línea, Octubre 2013
- [4] "Global Power Of Retailing", Deloitte, Enero 2014
- [5] A. Montgomery, "Micro-Marketing Pricing Strategies Using Supermarket Scanner Data", Marketing Source, Vol 16, No 4, 1997
- [6] Bosh, Castro y Goic, "Detecting Inefficiently Managed Categories at a Supermarket.", Journal of the Operational Research Society, Diciembre 2013
- [7] Cruz G. 2008. "Determinación de Precios Óptimos de una Categoría para una Cadena de Supermercado". Memoria Ingeniería Civil Industrial. Universidad de Chile
- [8] Gaete J. 2009. Desarrollo de un Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones para el Manejo de Productos y Tiendas en una Cadena de Retail a Partir de Datos Transaccional de Ventas y Características de Tiendas. Memoria Ingeniería Civil Industrial. Universidad de Chile
- [9] R. Natarajan, X. Zhang "Modeling and Forecasting of Enterprise-level Retail Time Series Data with Implementation in SPSS", Abril 2012
- [10] R. Brodley, "Relating Cross-Elasticities to First Choice/Second Choice Data", Journal of Business and Economic Statistics, 1985.
- [11] Viviana Fernandez, "Modelo de Pronóstico de Ventas", Serie Gestión nr°80, 2006
- [12] "Variables Explicativas y Evaluación de modelos" apuntes de clases para IN5602-1, departamento de ingeniería industrial, Universidad de Chile, otoño 2012
- [13] "Identifying the numbers of AR or Ma terms" apuntes de profesor R.Nau, Duke University
- [14] A.Montgomery, M, Goic, "Inferring Competitor Pricing With Inferior Information", Enero 2011.

[15] “Perspectivas de la industria y Precios Objetivo, Sector Retail”, Corpreaserch, Mayo 2013

12. Anexos

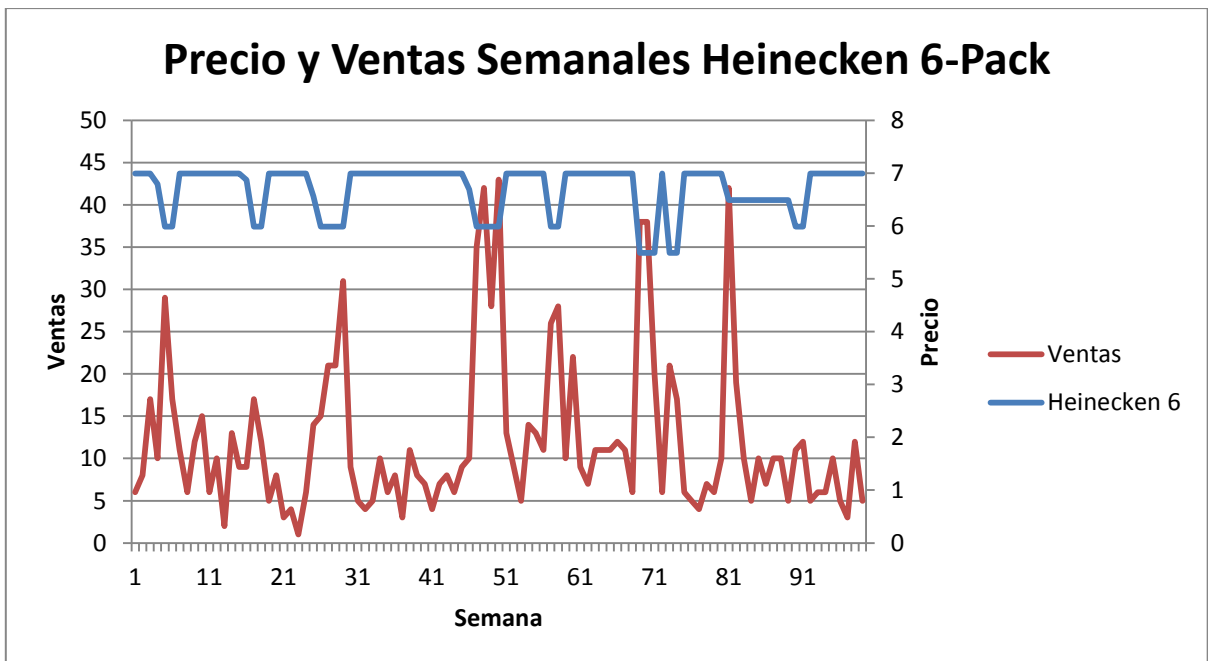
Anexos A: Precios y Ventas semanales por producto

Ilustración 14: Precio y ventas semanales Corona 6-Pack



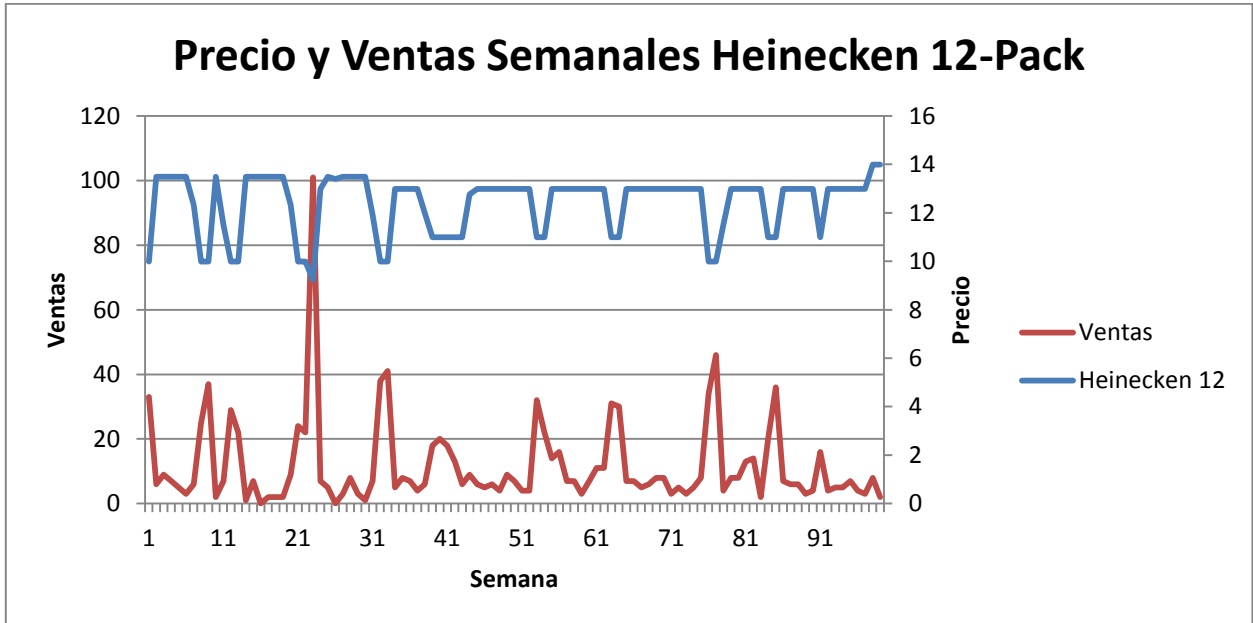
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 15: Precio y ventas semanales Heinecken 6-Pack



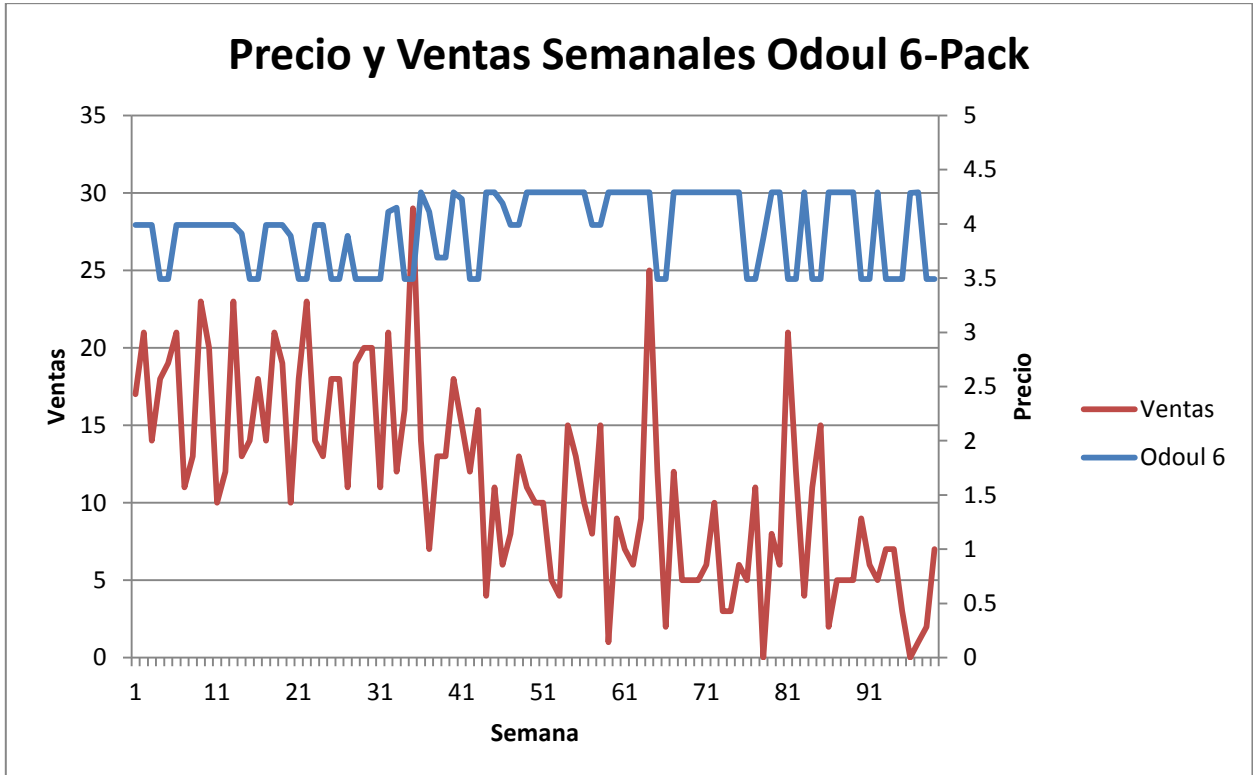
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 16: Precio y ventas semanales Heinecken 12-Pack



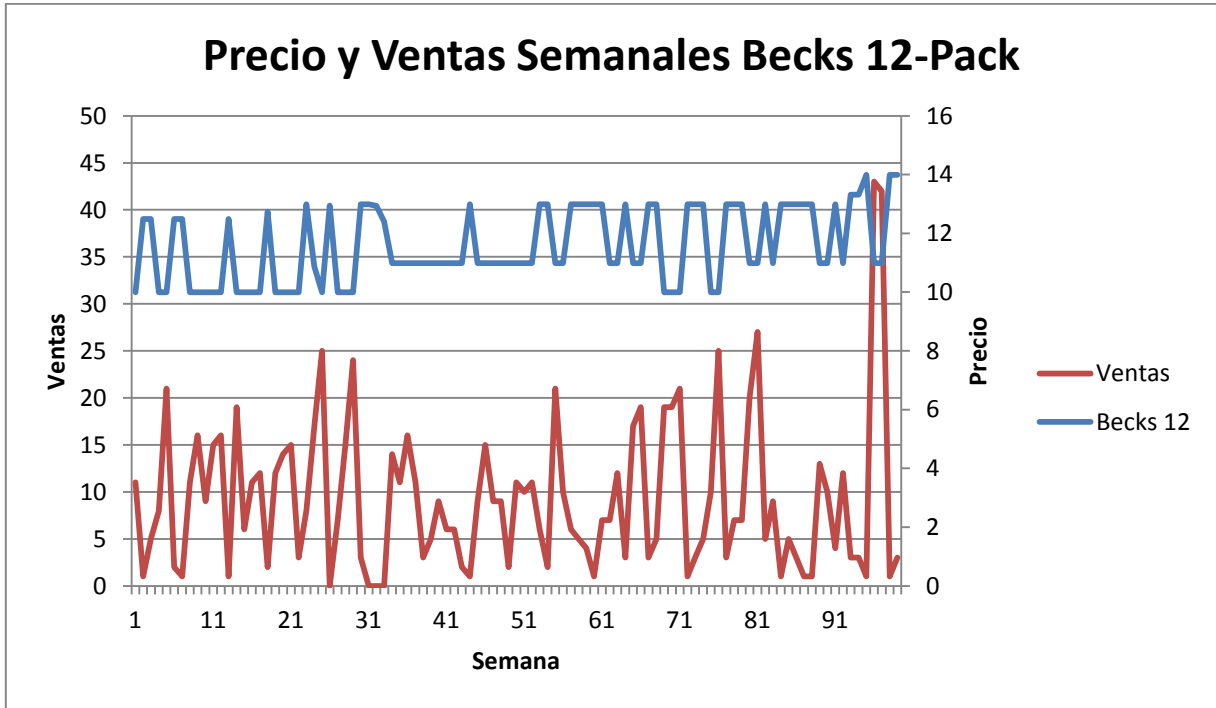
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 17: Precio y ventas semanales O'doul 6-Pack



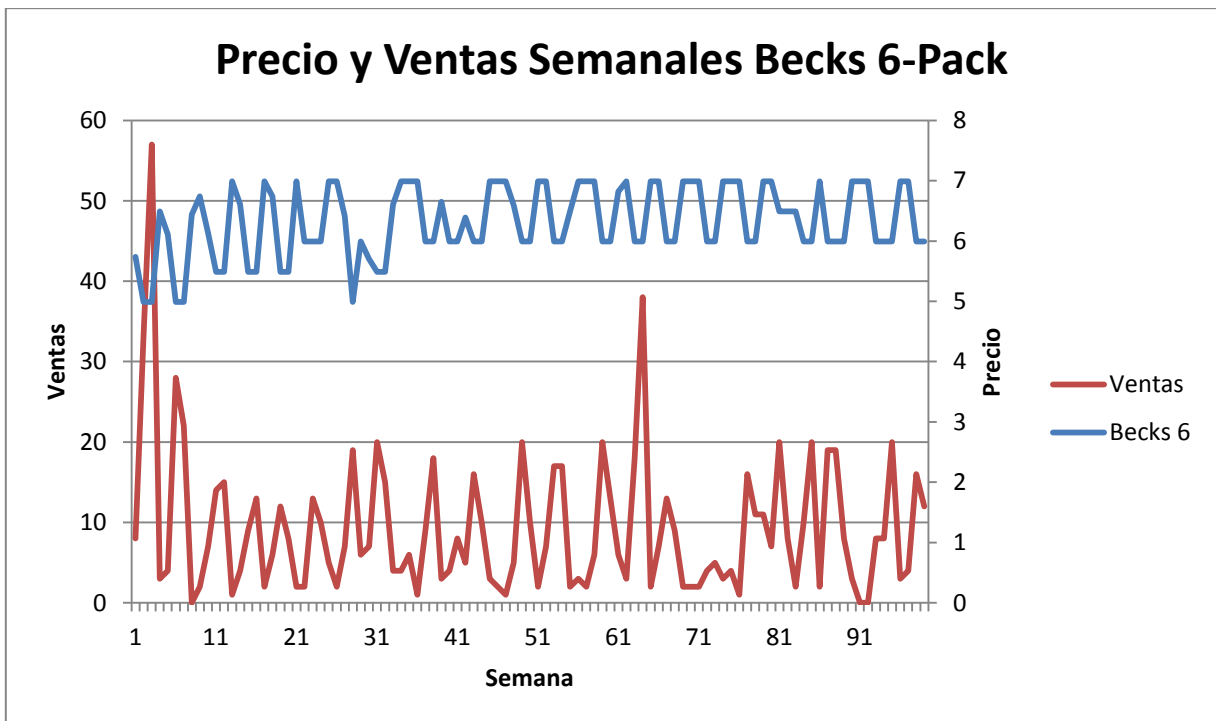
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 18: Precio y ventas semanales Becks 12-Pack



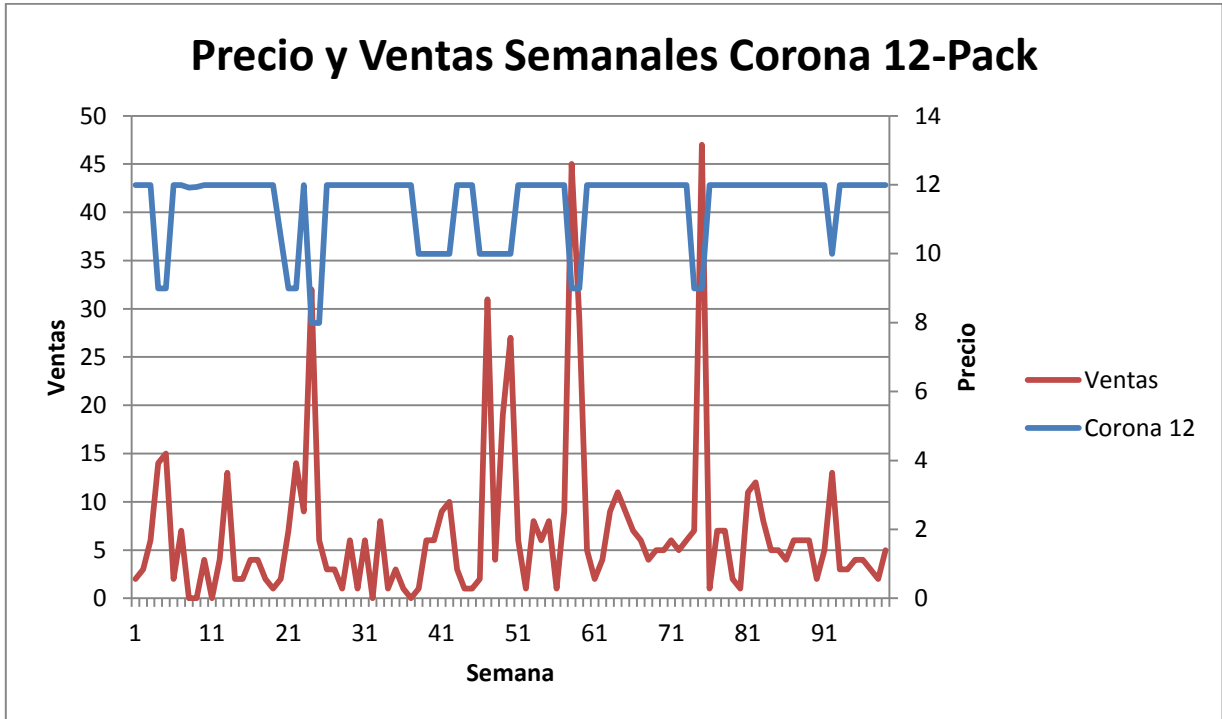
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 19: Precio y ventas semanales Becks 6-Pack



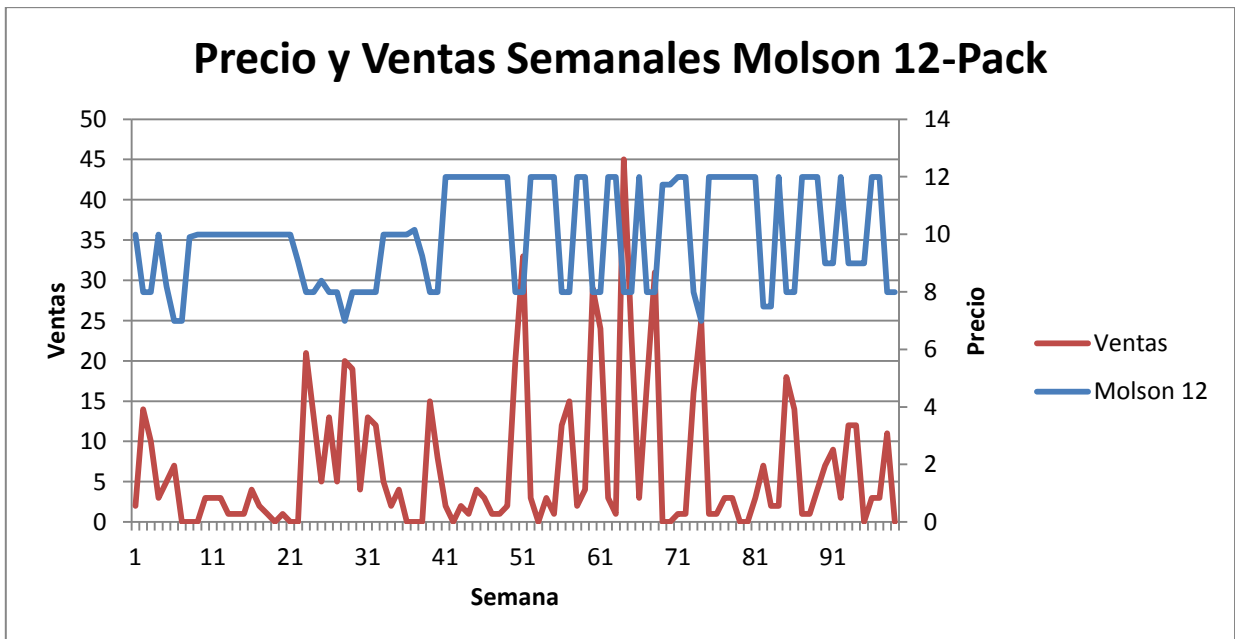
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 20: Precio y ventas semanales Corona 12-Pack



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 21: Precio y ventas semanales Molson 12-Pack



Fuente: Elaboración Propia

Anexos B: Parámetros de los modelos de predicción

Tabla 16: Parámetros Corona 6-Pack

Parámetro	Valor	Error Estándar	Significancia
Constante	98.18	11.86	0.00
AR(2)	0.22	0.10	0.04
AR(6)	0.27	0.11	0.01
Precio Corona 6	-13.52	1.10	0.00
Precio Heinecken 12	1.02	0.40	0.01
Precio Becks 6	-2.49	0.88	0.01
Dummy	12.21	1.63	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17: Parámetros Heinecken 12-Pack

Parámetro	Valor	Error	Significancia
Constante	96.57	6.01	0.00
AR(1)	0.27	0.10	0.01
Precio Heinecken 12	-6.93	0.48	0.00
Dummy	17.25	1.14	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18: Parámetros O'doul 6-Pack

Parámetro	Valor	Error	Significancia
Constante	32.03	6.72	0.00
AR(2)	0.16	0.09	0.04
AR(4)	0.37	0.10	0.00
Precio O'doul 6	-0.41	0.27	0.03
Precio Heinecken 12-Pack	-4.15	1.17	0.00
Dummy	14.84	2.07	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19: Parámetros Becks 12-Pack

Parámetro	Valor	Error	Significancia
Constante	35.15	7.02	0.00
Precio Becks 12	-3.61	0.36	0.00
Precio Becks 6	2.43	0.79	0.00
Dummy	30.04	3.26	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20: Parámetros Becks 6-Pack

Parámetro	Valor	Error	Significancia
Constante	38.36	7.06	0.00
Precio Becks 12	1.42	0.35	0.00
Precio Becks 6	-8.40	0.79	0.00
Precio Molson 12	0.69	0.26	0.01
Dummy	25.57	2.67	0.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21: Parámetros Corona 12-Pack

Parámetro	Valor	Error	Significancia
Constante	25.36	4.86	0.00
Precio Corona 12	-1.75	0.42	0.00
Dummy	25.85	1.92	0.00

Fuente: Elaboración Propia

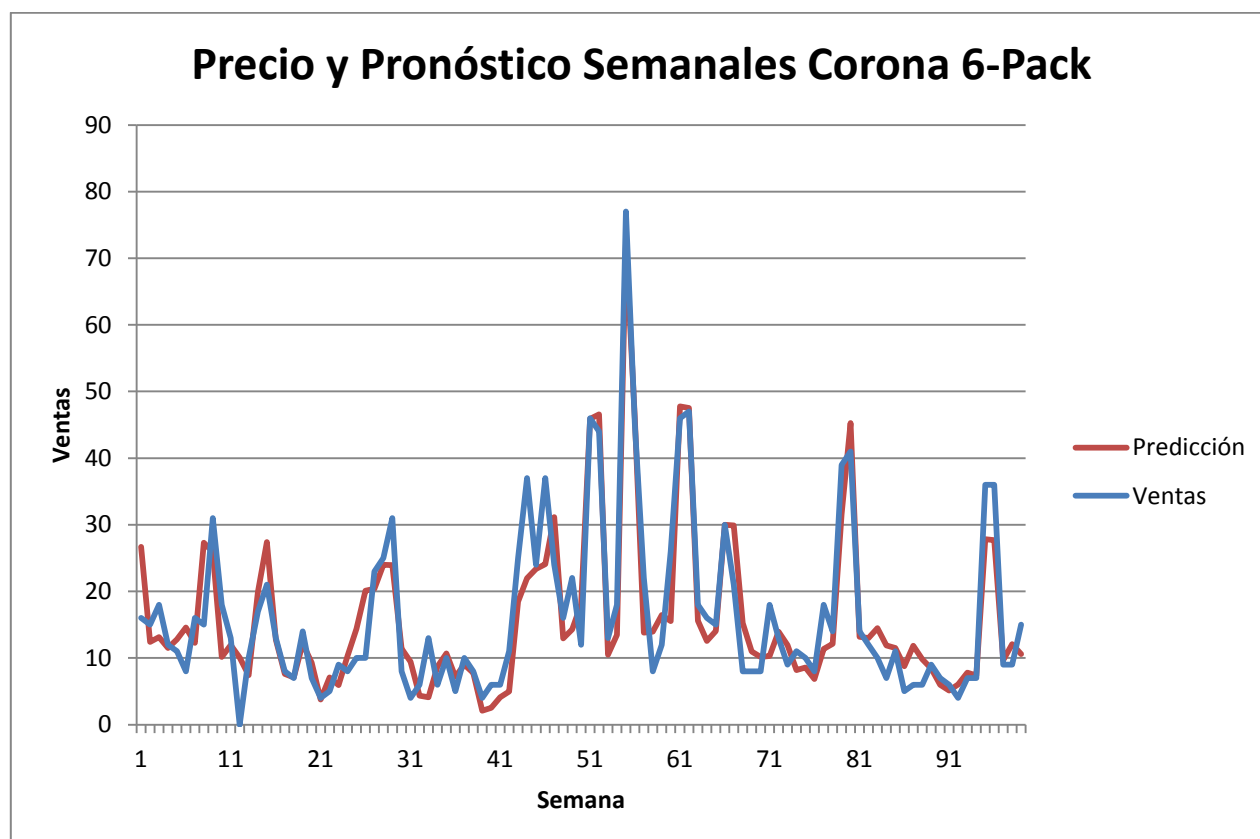
Tabla 22: Parámetros Molson 12-Pack

Parámetro	Valor	Error	Significancia
Constante	35.53	3.22	0.00
AR(1)	0.43	0.10	0.00
Precio Molson 12	-2.99	0.31	0.00
Dummy	21.14	2.70	0.00

Fuente: Elaboración Propia

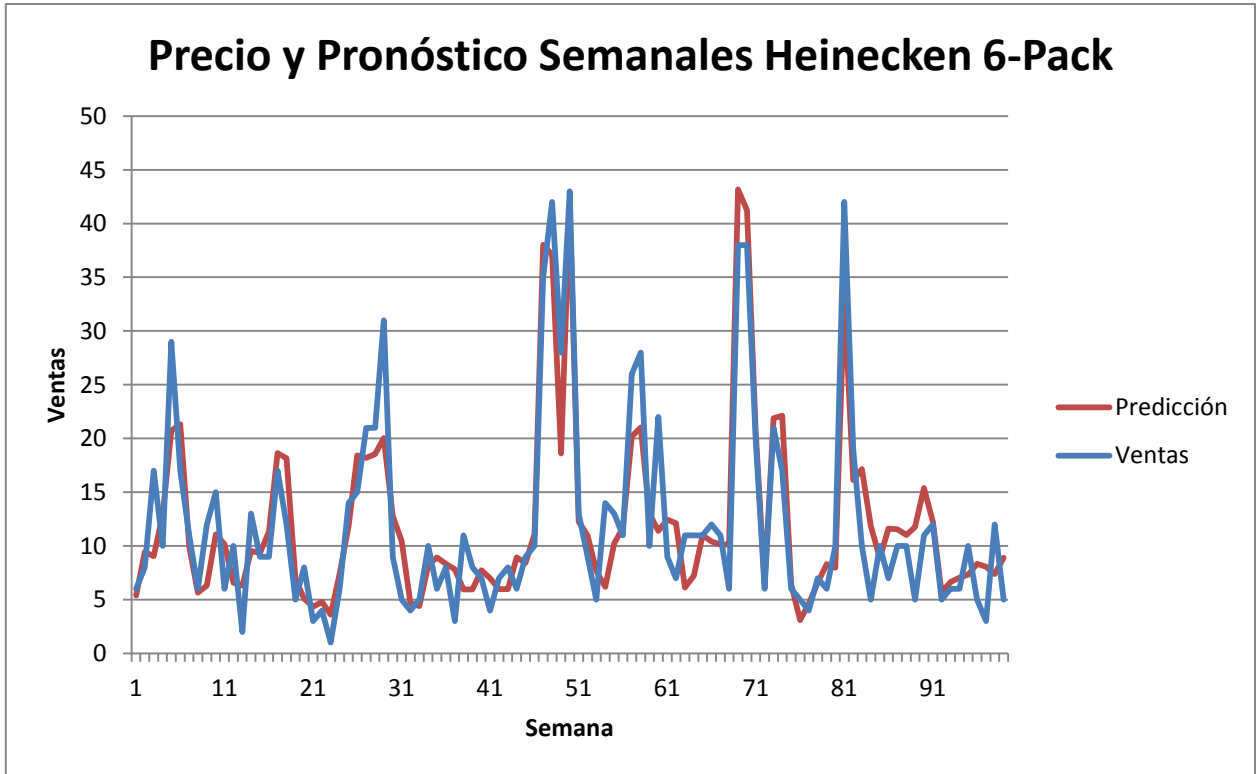
Anexos C: Ventas y predicción vs tiempo

Ilustración 22: Ventas y Predicción Corona 6-Pack



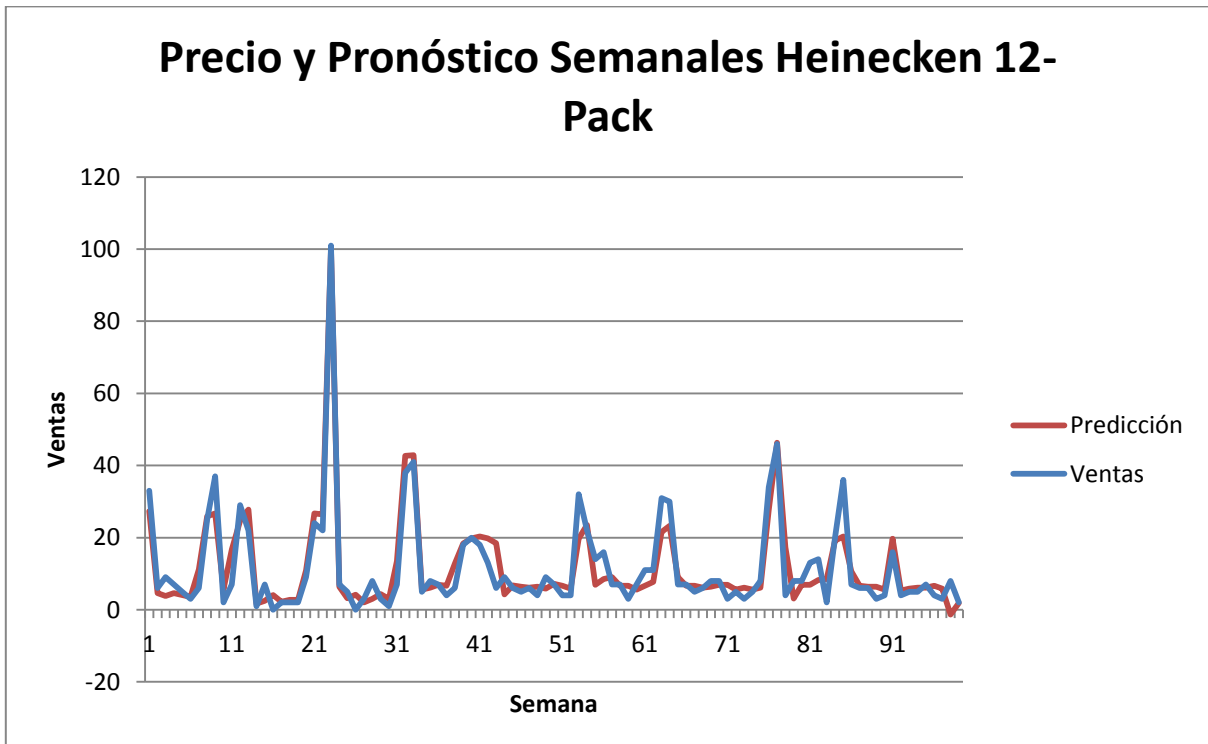
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 23: Ventas y Predicción Heinecken 6-Pack



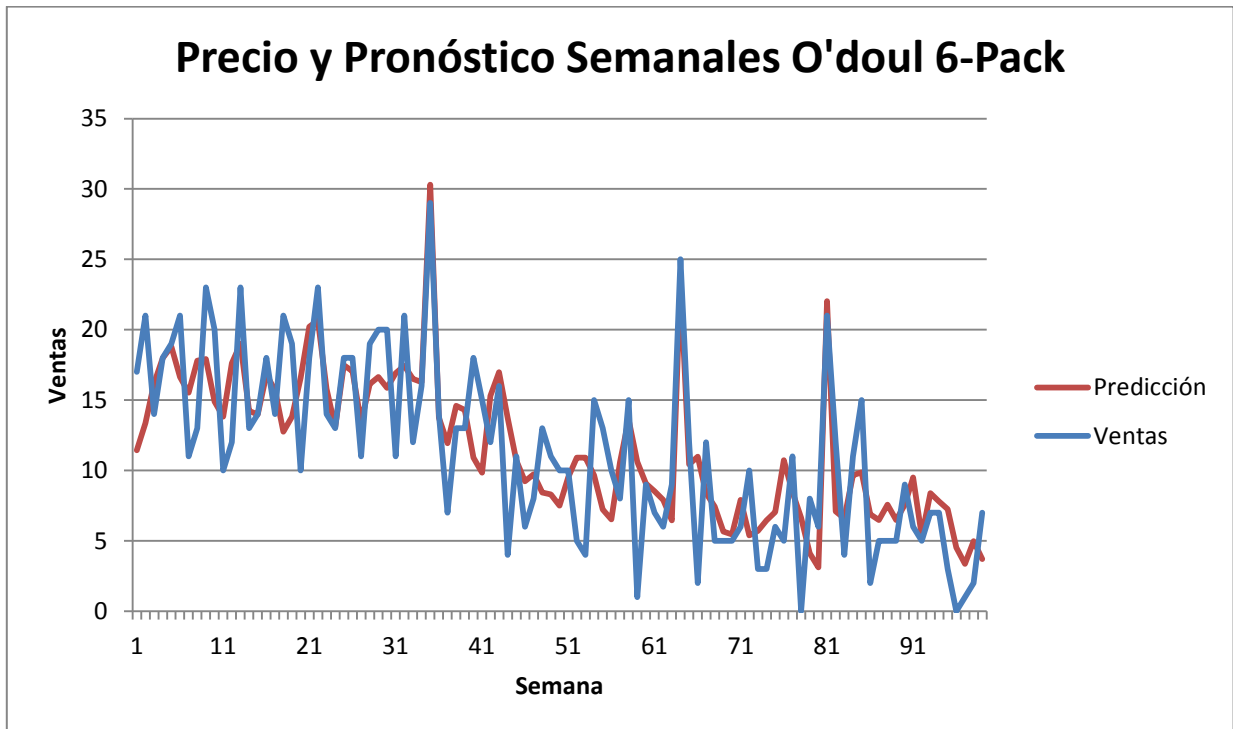
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 24: Ventas y Predicción Heinecken 12-Pack



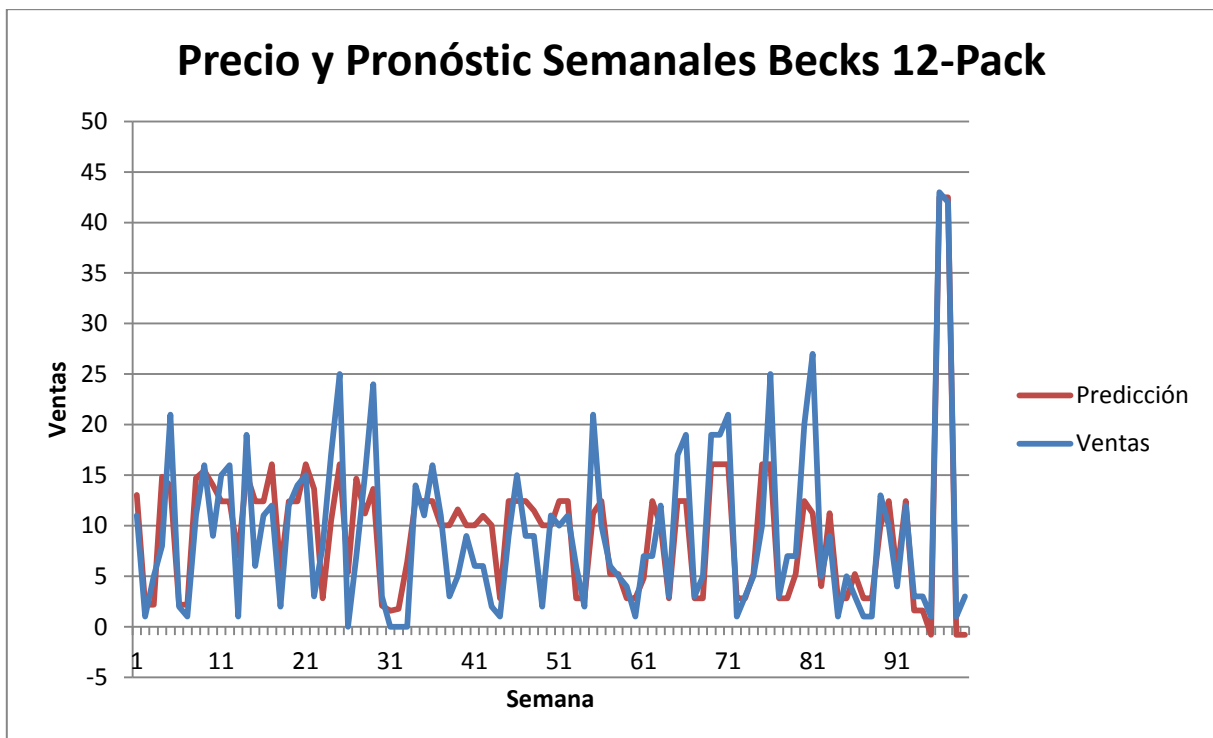
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 25: Ventas y Predicción O'doul 6-Pack



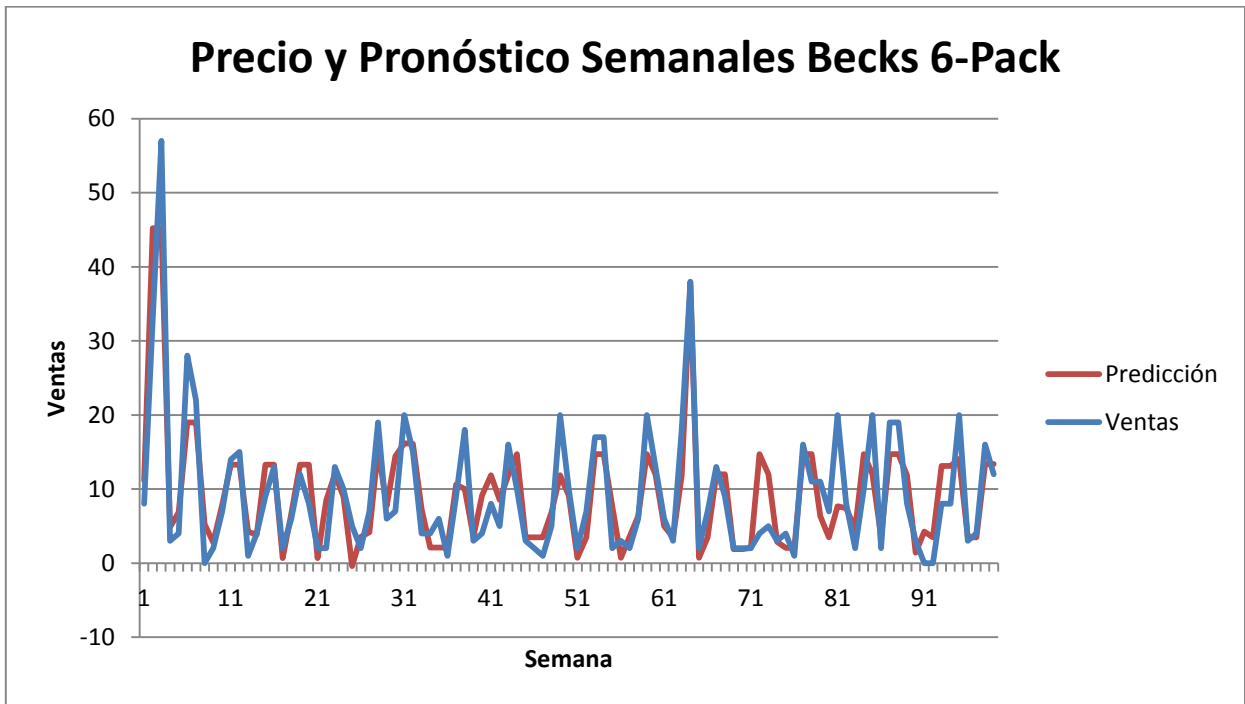
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 26: Ventas y Predicción Becks 12-Pack



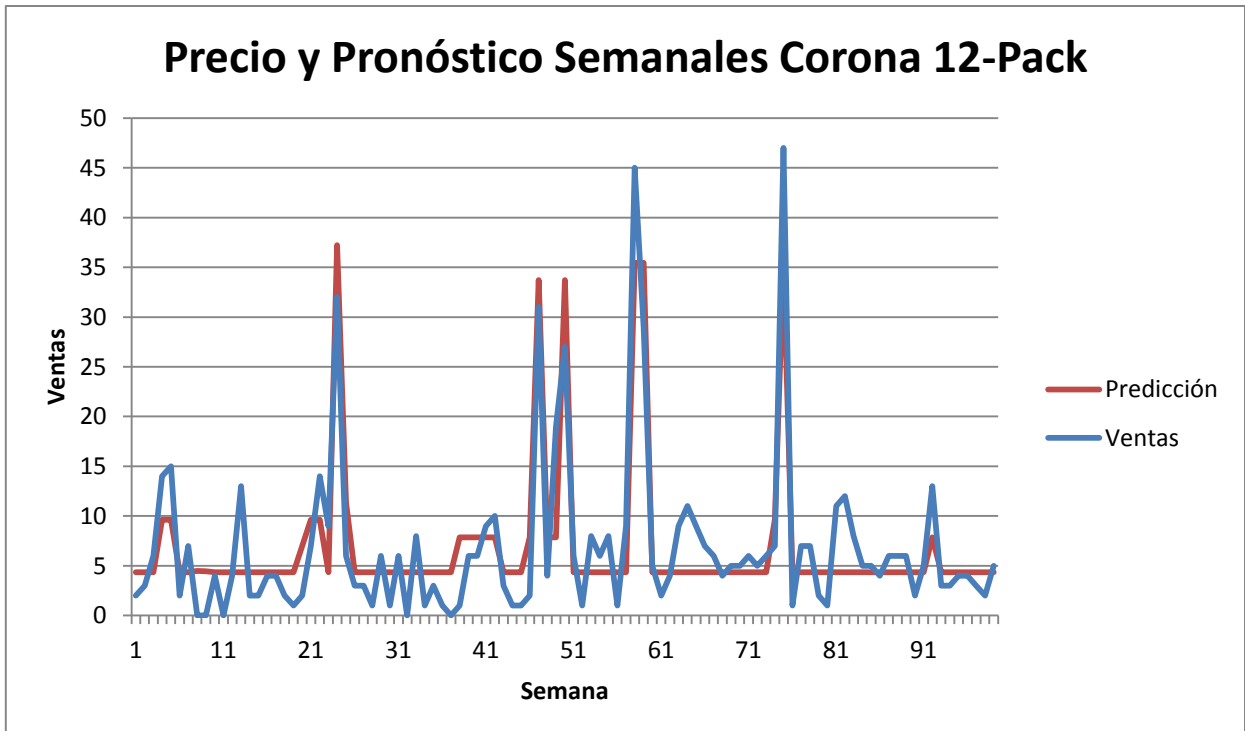
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 27: Ventas y Predicción Becks 6-Pack



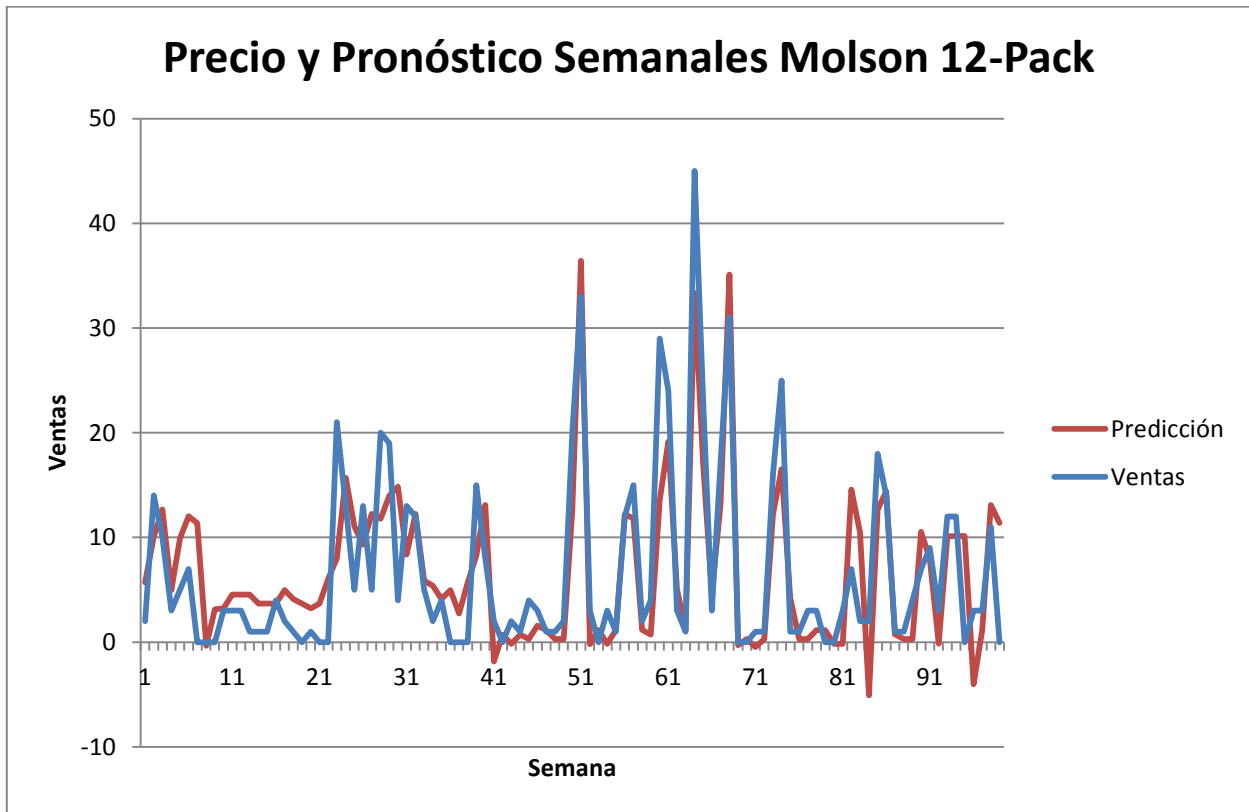
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 28: Ventas y Predicción Corona 12-Pack



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 29: Ventas y Predicción Molson 12-Pack



Fuente: Elaboración Propia

Anexos D: Fecha Semanas y Festivos

Tabla 23: Fechas

Semana	Fecha Lunes	Celebración
1	15-06-1995	
2	22-06-1995	
3	29-06-1995	
4	06-07-1995	4 de Julio
5	13-07-1995	
6	20-07-1995	
7	27-07-1995	
8	03-08-1995	
9	10-08-1995	
10	17-08-1995	
11	24-08-1995	

12	31-08-1995	Día del Trabajador
13	07-09-1995	
14	14-09-1995	
15	21-09-1995	
16	28-09-1995	
17	05-10-1995	
18	12-10-1995	
19	19-10-1995	
20	26-10-1995	Halloween
21	02-11-1995	
22	09-11-1995	
23	16-11-1995	
24	23-11-1995	Día de Acción de Gracias
25	30-11-1995	
26	07-12-1995	
27	14-12-1995	
28	21-12-1995	Navidad
29	28-12-1995	Año Nuevo
30	04-01-1996	
31	11-01-1996	
32	18-01-1996	
33	25-01-1996	
34	01-02-1996	
35	08-02-1996	
36	15-02-1996	
37	22-02-1996	
38	29-02-1996	
39	07-03-1996	
40	14-03-1996	
41	21-03-1996	
42	28-03-1996	
43	04-04-1996	
44	11-04-1996	
45	18-04-1996	
46	25-04-1996	
47	02-05-1996	
48	09-05-1996	
49	16-05-1996	
50	23-05-1996	
51	30-05-1996	
52	06-06-1996	

53	13-06-1996	
54	20-06-1996	
55	27-06-1996	
56	04-07-1996	4 de Julio
57	11-07-1996	
58	18-07-1996	
59	25-07-1996	
60	01-08-1996	
61	08-08-1996	
62	15-08-1996	
63	22-08-1996	
64	29-08-1996	Día del Trabajador
65	05-09-1996	
66	12-09-1996	
67	19-09-1996	
68	26-09-1996	
69	03-10-1996	
70	10-10-1996	
71	17-10-1996	
72	24-10-1996	Halloween
73	31-10-1996	
74	07-11-1996	
75	14-11-1996	
76	21-11-1996	
77	28-11-1996	Día de Acción de Gracias
78	05-12-1996	
79	12-12-1996	
80	19-12-1996	Navidad
81	26-12-1996	Año Nuevo
82	02-01-1997	
83	09-01-1997	
84	16-01-1997	
85	23-01-1997	
86	30-01-1997	
87	06-02-1997	
88	13-02-1997	
89	20-02-1997	
90	27-02-1997	
91	06-03-1997	
92	13-03-1997	
93	20-03-1997	

94	27-03-1997
95	03-04-1997
96	10-04-1997
97	17-04-1997
98	24-04-1997
99	01-05-1997

Fuente: Elaboración Propia