Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial

Propuesta de un modelo de pronósticos de la demanda y planificación de la producción de productos semi-terminados para una empresa de la industria vitivinícola. Caso: Viña Ventisquero.

por

Roberto Andrés Vargas Caro

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Enrique Faijo

Octubre, 2014

Resumen ejecutivo

El presente trabajo de título presenta un proyecto donde se aplican diferentes herramientas estudiadas en ramos de Ingeniería Civil Industrial, estas herramientas son utilizadas para la planificación de la producción en Viña Ventisquero Ltda. con el objetivo de entregar un apoyo a la toma de decisiones al departamento de operaciones logrando minimizar los costos de producción. Esto es un requisito para la Sub-Gerencia de Planificación de la Viña porque no posee una producción basada en la planificación de mediano y corto plazo, si no que opera en función de las órdenes de compras.

Por este motivo se ha desarrollado una herramienta que resuelva este problema mediante un modelo matemático de optimización que presenta el proceso productivo y sus variables críticas, incluyendo un modelo de pronóstico de demanda como insumo al modelo de planificación para la generación genérica que permita apoyar a una correcta toma de decisiones.

El modelo busca la minimización de costos vinculados con la planificación de la producción y entrega como resultado los niveles óptimos de producción. En particular se propone un método simplificado que, a partir de la resolución del modelo permita entregar al tomador de decisiones un apoyo a su decisión final.

Para disminuir la incertidumbre y alimentar el modelo de planificación se desarrolla un método de pronóstico de demanda mensual para cada mezcla, reduciendo la cantidad de mezclas a pronosticar con el Principio de Pareto, para que el problema sea abordable en el trabajo de título expuesto, mediante la técnica de “Suavizamiento Exponencial Simple”, a partir de la cual ha sido posible obtener pronósticos acertados y de simple comprensión, lo que evidentemente permitirá una mejor planificación.

El modelo presenta beneficios al permitir obtener información de forma oportuna para la toma de decisiones considerando las variables críticas

del sistema y la incertidumbre existente. De esta forma quedo plasmado los beneficios de entregar información en forma oportuna a la toma de decisiones disminuyendo la incertidumbre y entregando como resultado una disminución de 5 % del costo total de producción, además de una mejora en el tiempo de respuesta hacia los clientes, disminuyendo los castigos por entregas fuera de plazo; un punto de partida para un manejo eficiente de inventario.

Palabras claves: Planificación, minimizar, modelo matemático, optimización, pronósticos de demanda.

Dedicatoria

A mi madre, Liliana del Carmen, por las posibilidades que en base a esfuerzo, sacrificio y trabajo constante me han brindado, por las enseñanzas que ha transmitido durante toda mi vida y que han hecho el hombre que soy. Sin ella, nada de esto sería posible, puesto que ha estado conmigo en todo momento, dándome su apoyo incondicional, el cual me ha servido para pararme en los peores momentos de mi vida, además de fortalecer aquellos momentos inolvidables.

A mi hijo, Tomás Ignacio, quien llena de vida y mejora mis días minuto a minuto, siendo el sol de mi universo.

A Karina, Gustavo e Isabel y al resto de mi familia.

A mis amigos, del barrio y universidad, que siempre están conmigo de alguna u otra forma.

Agradecimientos

En primer lugar, deseo agradecer a Dios por ofrecerme la oportunidad, la fuerza y la perseverancia.

Por otra parte, agradezco a mis profesores, quienes me guiaron, dieron ideas y apoyaron durante el desarrollo de este proceso.

Debo agradecer por último, al Sr. Jorge Arrian por su apoyo y disposición para facilitar la información requerida, además de su paciencia por la extensión del proceso fuera de lo planificado; y sin duda agradezco al resto del equipo de Viña Ventisquero que me acogieron de buena forma e intentaron ayudarme y apoyarme dentro de su alcance.

Índice

RESUMEN EJECUTIVO **2**
DEDICATORIA **4**
AGRADECIMIENTOS **5**
ÍNDICE **6**
LISTADO DE FIGURAS **8**
LISTADO DE TABLAS **9**
LISTADO DE GRÁFICOS **10**

1. INTRODUCCIÓN **11**

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE MEMORIA **14**
2.1 Objetivo general 14
2.2 Objetivos específicos 14
2.3 Alcances 15

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA **16**
3.1 Gobierno y Estructura Operativa 19
3.2 Estructura Directiva 20
3.3 Proveedores Locales 21

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **22**

5. MARCO TEÓRICO **23**
5.1 Planificación de la Producción 24
5.1.1 *Niveles de la Planificación de la Producción* *25*
5.2 Planificación Agregada de la Producción 26
5.3 Modelos de pronósticos 28
5.3.1 *Método de pronóstico por serie de tiempo* *30*
5.3.2 *Promedios Móviles Simples y Promedios Móviles Ponderados* *31*
5.3.3 *Suavización Exponencial Simple* *32*
5.3.4 *Suavización Exponencial Doble de Holt* *33*
5.3.5 *Suavización Exponencial Triple de Holt - Winters* *33*
5.4 Modelo matemático de optimización lineal 38

6. METODOLOGÍA **40**

7. PROPUESTA DE UN MODELO DE PRONÓSTICO **42**
7.1 Estimación de parámetros de demanda 42
7.2 Consideración de los efectos temporales 44
7.3 Desarrollo método "Promedios Móviles Ponderados" 45
7.4 Desarrollo método "Suavización Exponencial Simple" 48
7.5 Análisis de resultados y elección del pronóstico 50
7.6 Evaluación del método de pronóstico a utilizar 53

8. PROPUESTA DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN 55
8.1 SUPUESTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO 56
8.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO 56
8.3 MODELACIÓN MATEMÁTICA 58
8.3.1 *Paso 1: Identificación de las variables de decisión 59*
8.3.1.1 Definición de parámetros y variables 59
8.3.1.2 Parámetros 60
8.3.1.3 Variables de decisión 60
8.3.2 *Paso 2: Identificación de la Función objetivo 61*
8.3.3 *Paso 3: Identificación de restricciones 61*
8.3.4 *Paso 4: Formalización del modelo matemático.....62*
8.3.4.1 Función Objetivo.....62
8.4 SOLUCIÓN DEL MODELO 63

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....64
9.1 VALIDACIÓN DEL MODELO 64
9.2 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 65

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 67

BIBLIOGRAFÍA 71

ANEXO N°1: GRAFICA AGREGADA DE LAS PROYECCIONES DE VENTA 74

ANEXO N°2: MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (PANTALLAZO) 83

Listado de figuras

Figura 3.1 : Estructura operativa Viña Ventisquero……..19

Figura 3.2 : Principales proveedores de Viña Ventisquero ……..21

Figura 8.2 : Pantallazo Modelo de producción Viña Ventisquero……84

Listado de tablas

Tabla 7.1: "Principio de Pareto" aplicado a las distintas mezclas ……...42

Tabla 7.2: Calculo del factor estacional para mezcla 18 ……42

Tabla 7.3: Promedio móvil ponderado mezcla 18 ……45

Tabla 7.4: Suavizamiento exponencial simple mezcla 18……47

Tabla 7.5: Valores obtenidos para las constantes de PMP y SES……49

Tabla 7.6: Valores obtenidos de RECM para cada tipo de producto……...50

Tabla 8.1: Listado mezcla/botella/corcho a trabajar en el modelo……55

Tabla 8.2: Pasos de Modelación Matemática ……..56

Listado de gráficos

Grafico 1: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 18……..75

Grafico 2: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 29 A……75

Grafico 3: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 29 B……76

Grafico 4: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 29 C……76

Grafico 5: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 17……..77

Grafico 6: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 1 A……..77

Grafico 7: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 1 B……..78

Grafico 8: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 4 A……..78

Grafico 9: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 4 B……..79

Grafico 10: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 4 C……..79

Grafico 11: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 22……80

Grafico 12: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 21……80

Grafico 13: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 13……..81

Grafico 14: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 16……..81

Grafico 15: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 15 A……82

Grafico 16: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 15 B……82

1. Introducción

El sector vitivinícola internacional se ha caracterizado por la existencia de un grupo de países dominantes que concentran gran parte de la industria de vino mundial: España, Francia e Italia. Este grupo de países lidera la superficie cultivada de viñedos, la producción de uva, así como la elaboración de vinos. Pero desde hace unas décadas, han aparecido en escena un conjunto de nuevos países emergentes (Estados Unidos, China, Australia, Argentina, Chile, etc.) que poco a poco se han ido consolidando en este sector disminuyendo el peso de los países del viejo continente. Esto indica como la industria vitivinícola se va desplazando poco a poco a otros escenarios y van surgiendo nuevos espacios dedicados al cuidado y transformación de la uva.

La actividad vitivinícola en Chile comienza con la llegada de los españoles. Los primeros viñedos registrados en la historia de Chile fueron aquellos plantados a principios del siglo XVI.

Claudio Gay[1] y Silvestre Ochagavía[2] importaron las principales variedades europeas (cabernet sauvignon, sauvignon blanc, pinot noir, entre otras) adaptándose con facilidad al clima chileno. Después de varias crisis sufridas por la industria vitivinícola ocasionada por las leyes de alcoholes y la prohibición de plantaciones de viñedos y trasplantes de viñas a mediados del siglo XX, la industria se consolida definitivamente a finales del mismo siglo gracias a sus fuertes exportaciones a Europa, Estados Unidos y, principalmente Asia.

---

[1] Polímata, naturalista e historiador francés que realizo los primeros estudios amplios de la flora, fauna, geología y geografía chilenas.

[2] Abogado, político, diputado, senador y ministro chileno.

La economía chilena es una de las más abiertas, y hoy en día, es reconocido como uno de los productores vitivinícolas más importantes del mundo, con exportaciones anuales de 671 millones de dólares en 2003. De la totalidad de vino producido en 2003, un 58% se exporta embotellado y un 42% a granel.

Viña Ventisquero está dentro de las 10 principales Viñas del país, siendo una de las viñas más jóvenes del mercado chileno, con tan solo 12 años de existencia.

Teniendo en cuenta que la industria vitivinícola esta principalmente condicionada por el mercado externo destacando que el vino es un producto donde su mercado es cada vez más dinámico y competitivo, determina a Viña Ventisquero a tomar constantes desafíos en pro de una mejora continua.

Dentro de este aspecto, cabe citar, recordar y tomar como referencia lo expuesto en literatura: "*durante la segunda guerra mundial, militares se ocuparon del desarrollo y solución de modelos matemáticos, que permitieron resolver problemas de toma de decisiones, muchos de ellos con la aplicación directa a la solución de problemas de la administración de operaciones. Esta área durante muchos años se ha aplicado y ha solucionado problemas mediante modelos en diferentes rubros. En la actualidad los modelos para la toma de decisiones son de amplia utilización en casi todas las áreas de la administración de operaciones; esto reconoce que un proceso de toma de decisiones se conduce mejor si se cuantifican sus elementos y que las mejores decisiones son las que se toman racionalmente y con el auxilio de la mejor información objetiva disponible*" (Muñoz, 2009, p.8-9).

Es así que, con el afán de aumentar las utilidades, las empresas buscan realizar un uso eficiente de sus activos, intentando minimizar holguras o gastos innecesarios, teniendo siempre en consideración la importancia del servicio brindado y la necesidad de responder ante los clientes dentro de ciertos plazos. En este ámbito, surge el interés de Viña Ventisquero en mejorar la gestión del proceso de planificación de la producción para su línea de embotellado, mejorando el funcionamiento del negocio. A través de una mejor for-

ma de planificación será posible responder de forma ágil y eficiente a las necesidades de los clientes.

El desarrollo de un modelo para determinar la cantidad óptima de producción se puede aplicar a la industria vitivinícola y en este caso es fundamental, ya que la Viña Ventisquero Ltda. necesita contar con una planificación para saber cuánto es la cantidad óptima a embotellar, almacenar, personal a contratar y esencialmente contar con un buen y oportuno servicio al cliente.

Por todos los motivos anteriores, lo que arrojan la importancia económica que implica el mejoramiento en la actividad de la planificación dentro de la empresa, se hace imperioso y fundamental, en el caso de Viña Ventisquero, contar con un modelo capaz de determinar en forma oportuna la asignación de mano de obra y poder reaccionar a demandas imprevistas en un mercado con gran incertidumbre con el menor inventario posible.

2. Objetivos del proyecto de memoria

2.1 Objetivo general

Proponer un modelo de pronóstico de demanda y la planificación de la producción de productos semi-terminados para una empresa de la industria vitivinícola.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar la situación actual
- Revisar los modelos existentes que resuelven problemas de pronósticos y planificación de la producción
- Identificar los parámetros y variables del modelo que resuelve el problema de minimización de costos en la planificación de la producción.
- Proponer un modelo de planificación de la producción.
- Validar el modelo de planificación de la producción.
- Evaluar el impacto económico de la propuesta, contractando resultados del modelo con el desempeño real del proceso.

2.3 Alcances

- Si bien es cierto, el modelo que se desarrollará se puede replicar para *n* periodos, en este trabajo por efecto de tiempo e información, solo se aplicara para el periodo de un mes.

- Dado el número de mezclas existentes en la Viña y los subproductos derivados de estas, se optó por aplicar el "Principio de Pareto[3]" para identificar las mezclas más importante

- Para la simplificación de costos y la confidencialidad exigida por la empresa se impuso un costo promedio para la generación de botellas de las diferentes cepas expuestas en la memoria.

[3] Vilfredo Pareto, *Manual of Political Economy*, Ann A. Schwier (trad.), Nueva York: A.M. Kelly, 1971.

3. Descripción de la empresa

En 1998 el grupo de empresas AGROSUPER incorpora dentro de sus negocios al sector vitivinícola, dando origen a Viña Ventisquero, sociedad privada de responsabilidad limitada, cuyo giro es la elaboración, embotellamiento y comercialización de vinos.

En ese mismo año, comenzó la construcción de la bodega de vinos de Viña Ventisquero ubicada en el Fundo La Trinidad, comuna de San Pedro, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana.

Paralelamente, comienza la plantación de uva en los principales valles del país, como son los valles del Maipo, Colchagua y Casablanca. Estos campos están agrupados en Agrícola La Trinidad y proveen a Viña Ventisquero de la materia prima necesaria.

En el 2000 se llevó a cabo la primera vendimia, comenzando un camino de aprendizaje en la producción de vinos de alta calidad y extensamente comercializados por el mundo. Esto, producto del trabajo desarrollado por el área agrícola y el conocimiento del equipo de enólogos de Viña Ventisquero.

En el 2010 Viña Ventisquero cumplió diez vendimias, dando vida a una empresa de reconocido liderazgo nacional e internacional, que ofrece una amplia gama de variedades tradicionales como Chardonnay, Sauvignon Blanc, Cabernet Sauvignon, Pinot Noir, Merlot, Syrah y Carmenere, garantizando de esta manera poner a disposición de los consumidores, vinos de alta calidad que sean capaces de satisfacer las más altas exigencias de los clientes.

Agrícola Trinidad tiene 1660 hectáreas de vides viníferas plantadas, que constan de distintas variedades para la producción de vinos embotellados. Estos son comercializados bajo sus tres marcas propias: Ventisquero,

Ramirana y Yali, cada una con su identidad y portafolio específico. La marca Ventisquero posee sub-marcas específicas para cada uno de los niveles del mercado: Quelat, Grey, Herú, Vertice y Pangea.

Viña Ventisquero también comparte dos marcas con sus socios comerciales en Estados Unidos y Reino Unido, Root 1 y Chilano respectivamente. La primera de estas marcas se trabaja a través del importador Click Wine Group, mientras que la segunda, se realiza con PLB Group Ltda. Con ambos importadores, Ventisquero ha sostenido contratos de tipo Joint Venture durante el periodo reportado.

La operación comercial de Viña Ventisquero, durante los años 2008, 2009 y 2010 fue desarrollada en Chile, Inglaterra, Estados Unidos, España, Japón y China, donde tanto acuerdos como contratos comerciales fueron distintos para cada base de operación.

La casa matriz se localiza en Camino la Estrella N° 401, oficina 5, sector Punta de Cortés en la comuna de Rancagua, VI región. Los viñedos se ubican en los principales valles vitivinícolas de Chile:

- Valle de Casablanca:
  - Fundo Tapihue (225 hectareas de SB[4], CH[5] y PN[6])
- Valle del Maipo:
  - Fundo Trinidad (400 hectareas de CS[7], SY[8], CA[9], ME[10] y SB)
- Valle de Leyda:
  - Fundo Las Terrazas (97 hectareas de PN, SB, CH y Riesling)

---

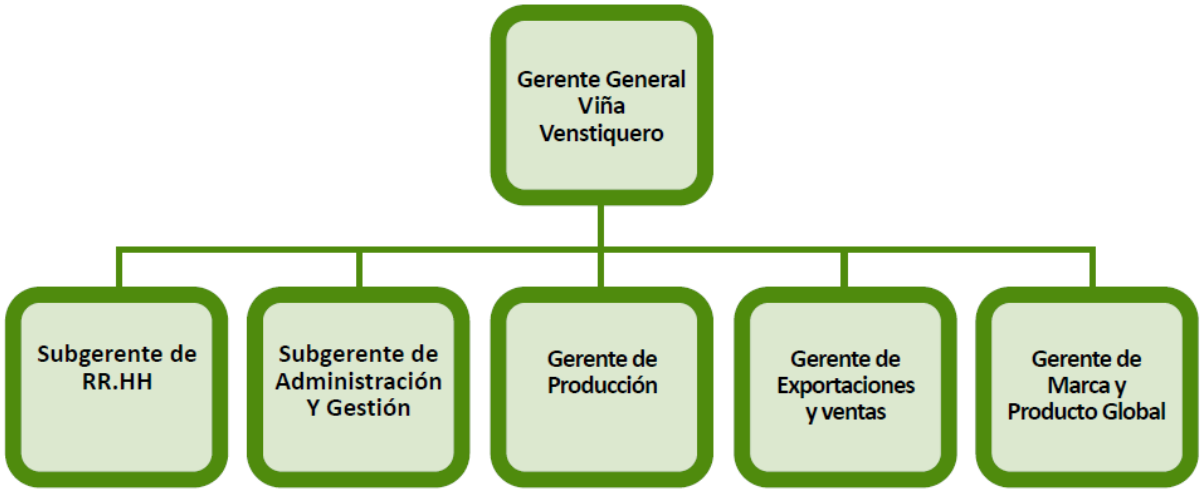
[4] SB: Sauvignon Blanc.
[5] CH: Chardonnay.
[6] PN: Pinot Noir.
[7] CS: Cabernet Sauvignon.
[8] SY: Syrah.
[9] CA: Carménère.
[10] ME: Merlot.

- Valle Colchagua:
  - Fundo El Suspiro (750 hectareas de CS, ME, SY, CA, CH, SB, Gewürztraminer, Viognier, Cabernet Franc, Petit Verdot y Sangiovesse)
  - Fundo Roblería de Apalta (66 hectareas de CS, SY, CA, ME, Grenache y Mourvedre)
  - Fundo Patacón (122 hectareas de SB, CH, CA, ME, PN y Pinot Gris)

3.1 Gobierno y Estructura Operativa

A la cabeza de la estructura operativa de la organización está el Gerente General, Martín Silva Vial, cuyos reportes de primera línea son la Gerencia de Producción, Gerencia de Exportaciones y Ventas, Gerencia de Marca y Producto Global, Subgerencia de Administración y Gestión y Subgerencia de Recursos Humanos.

Figura 3.1: Estructura operativa Viña Ventisquero.



Fuente: Extraído del reporte de sostenibilidad, gestión 2008-2010 en base a información entregada por la empresa.

Las gerencias presentadas en el organigrama operan de forma autónoma en la toma de decisiones de cada área. Sin embargo, el trabajo en equipo es fundamental para la coordinación de las tareas que deben realizarse en el esfuerzo de llevar a cabo los lineamientos fijados por el Gerente General. Es por esto que las gerencias se reúnen semanalmente e interactúan en forma constante.

El ámbito de la Gerencia de Producción, abarca gestión productiva de los campos de Viña Ventisquero como su Bodega de Vinos, teniendo reportes directos de la Subgerencia Agrícola, Subgerencia de Enología y Subgerencia de Planificación.

3.2 Estructura Directiva

Viña Ventisquero Ltda. Pertenece al holding de empresas AGROSUPER, cuyo directorio está conformado por su Gerente General, José Guzmán Vial, el propietario de la firma Gonzalo Vial Vial, además de un grupo de familiares y colaboradores cercanos.

La función principal de este directorio es la revisión mensual de la gestión de sus empresas, avances con respecto al presupuesto de gastos y ventas, hitos relevantes como aperturas de nuevos mercados, creación de productos nuevos, innovación e inversiones, desarrollo y crecimiento de sus colaboradores, además de temas nacionales e internacionales contingentes que se relacionen directa o indirectamente con el rumbo de la compañía.

Así como se hace la revisión mensual del estado de la compañía, una vez al año se presenta el resultado final de la empresa.

En cuanto a la relación especifica con Viña Ventisquero Ltda., este directorio tiene la tarea de aprobar los presupuestos de la empresa y discutir con el Gerente General los lineamientos a seguir.

3.3 Proveedores Locales

Viña Ventisquero cultiva la totalidad de las uvas de su producción en campos propios cuyas ubicaciones y dimensiones, ya fueron descritas con anterioridad.

Respecto a los insumos llamados materias secas, se ha optado, en la medida de lo posible, por trabajar con proveedores nacionales. En el presente cuadro se da a conocer los principales proveedores de materias secas y su ubicación, expresados en unidades, según corresponda:

Figura 3.2: Principales proveedores de Viña Ventisquero.

Proveedor	2008	2009	2010	Comuna
Cristal de Chile	12.903.519	13.041.750	15.032.245	Padre Hurtado
ACI	3.106.000	3.458.916	3.871.464	Huechuraba
Ind. Corchera	806.500	5.077.590	6.534.039	La Cisterna
Ed. Pacifico	21.007.860	23.973.695	21.200.460	Providencia
International Paper	1.134.827	1.143.357	1.141.336	San Francisco Mostazal

Fuente: Extraído del reporte de sostenibilidad, gestión 2008-2010 en base a información entregada por la empresa.

Los servicios de alimentación y transporte de los colaboradores son de contratación local.

4. Planteamiento del problema

El principal problema de Viña Ventisquero radica en el hecho de que esta no basa su producción en la planificación de vinos en el mediano y corto plazo, si no que opera en función de órdenes de compra recibidas en determinados momentos. Esto se conoce como producción variable.

Al momento de recibir un pedido, Viña Ventisquero determina el stock en bodega y la cantidad a producir. Dentro de las consecuencias que trae el no producir en base a una planificación, se destaca lo siguiente:

- Aumento en costos de mano de obra en los periodos de alta demanda.
- Costos asociados a la desvinculación de personal en periodos de baja producción.
- No existe una capacidad de reacción frente a demandas imprevistas.
- Falta de insumos secos (botellas, etiquetas, capsulas, corchos, cajas, huinchas, selladoras, etc.)
- Perdidas de vinos por no secuenciación en el orden de producción.
- No se maneja stock de seguridad.
- Fuerza laboral mal asignada.

Cabe destacar que el modelo es capaz de determinar la cantidad de botellas de vinos que se deben producir al mínimo costo, adecuándose a las limitaciones de capacidad de la línea de producción, a la disposición de mano de obra, capacidad de almacenamiento de productos semi-terminados y demanda que debe ser satisfecha.

5. Marco Teórico

El tema de estudio se enmarca dentro del área de planificación agregada de la producción, teniendo como singularidad propia de la industria (en comparación con otras) que no existe solo una variedad de vino a producir, si no que existen variadas mezclas de cepas de vino y sumada a las distintas formas de envasar y etiquetar los productos, además del trato especial de algunos productos semi-terminados.

Para el desarrollo del problema se debe tomar en cuenta que dentro del departamento de planificación se combinan las siguientes necesidades:

- Minimización de costos (mano de obra, horas extras, entre otros).
- Poder brindar un buen nivel de servicio para los clientes, minimizando el riesgo de quiebres de stock.
- Deseos de cumplir de la mejor forma posible con requerimientos específicos tales como niveles de stock de seguridad, reducción del tiempo en bodega del stock para un mejor manejo de productos terminados.

Los tres puntos anteriores están altamente ligados a la necesidad de que la herramienta desarrollada sea capaz de enfrentar la incertidumbre presente.

Para el logro de los objetivos recién planteados se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica en búsqueda de esquemas que consideren lo planteado.

En la sección “Planificación de la Producción” se desarrolla un resumen sobre la administración de operaciones, donde se mencionan referencias sobre literatura relacionada para una mejor comprensión del universo donde se enmarca la solución expuesta.

En la sección “Planificación Agregada de la Producción” se desarrolla un resumen sobre planificación agregada de la producción, además de mencionar las referencias de las distintas obras relacionadas con las diferentes metodologías utilizadas para la resolución, finalizando con la elección y justificación del método utilizado y expuesto en la presente memoria.

En la sección “Pronósticos” se estudian distintos métodos de pronósticos de demanda, tema crucial para una buena planificación de la producción, señalando cuál de estos se considera adecuado para este estudio, de acuerdo a los recursos y requerimientos de la empresa.

Para finalizar, en la sección “Programación Lineal” se realiza una breve descripción de ella, resumiendo en forma genérica la herramienta utilizada en el trabajo de título para la resolución del problema a tratar.

5.1 Planificación de la Producción

Los procesos de fabricación han adquirido en los últimos años una gran relevancia industrial, donde determinar la cantidad adecuada de producción siempre ha representado un problema difícil para las empresas. La capacidad de manufactura en una organización es costosa y su aprovechamiento y planificación debe ser cuidadosamente diseñada con el fin de evitar grandes desperdicios o para preservar la permanencia de la empresa en el mercado; de hecho, una buena elección de la capacidad de fabricación puede resultar en un mejor desempeño en términos de costos, innovación, flexibilidad, calidad en el producto y/o prestación de los servicios. Desafortunadamente, la planificación de la producción no es un problema fácil de resolver debido a la falta de claridad en el proceso de toma de decisiones, el elevado número de variables involucradas, la alta correlación entre las variables y el alto nivel de incertidumbre que inevitablemente afecta a las decisiones. [Matta05].

5.1.1 Niveles de la Planificación de la Producción

La administración de la producción es tan antigua como la producción misma, sin embargo los principales problemas se han mantenido iguales, aunque algunos nuevos han emergido particularmente durante las últimas décadas, esto debido en parte a la creciente complejidad y la dinámica de nuevas herramientas y enfoques originados por las nuevas tecnologías y particularmente por los avance en el procesamiento de la información [Zimmermann06]. Resultaría útil dar una mirada a las diferentes áreas de la administración de producción sobre estrategias, técnicas y nivel operacional. Estos niveles se entienden aquí en términos de variedad e importancia en las decisiones en cuanto a los plazos que incluyen. Dependiendo del contexto, la escala puede ser muy diferente. Las decisiones estratégicas, por ejemplo, cubren un período de muchas décadas en función del tiempo de las decisiones y el tipo de industria. Sin embargo, también puede alcanzar sólo unos pocos años en el futuro. Las decisiones de planeación pueden considerar algunos años o centrarse en horizontes más cortos (meses).

En el nivel estratégico, la administración de la manufactura, por lo general se encuentran decisiones relativas al uso de tecnologías de información, capacidad física, *layout,* etc. Pueden referirse al tipo de tecnología de producción (*flow shop, job shop*, tecnología de grupo, manufactura flexible, etc) o también al sistema logístico de producción o las instalaciones de almacenamiento [Zimmermann06].

En el nivel táctico de planeación, el cual puede estar referido a semanas y años, se encuentra la planificación de los programas de producción, en este rango se pueden encontrar la gestión de proyectos (para la instalación de la capacidad física como también la producción propiamente dicha), además se puede establecer sistemas de administración de inventarios. Políticas y herramientas para el mantenimiento y el control de calidad también pueden ser considerados además la estructura cuantitativa y cualitativa de las facilidades de la producción logística [Zimmermann06].

En el nivel operacional, los periodos de tiempo pueden estar dados en minutos o días. En este nivel se encuentra el control de la producción (programación y despacho, balanceo de línea, procesos de optimización en producción continua, mantenimientos, control de calidad, control de inventarios, etc.) [Zimmermann06].

5.2 Planificación Agregada de la Producción

Los planes de la función de operaciones son definidos en distintos niveles, agrupados según el horizonte planteado: Planificación estratégica (largo plazo), Planificación agregada (mediano plazo) y planificación operativa. En el presente trabajo se profundiza en la segunda categoría, brevemente detallada en los siguientes párrafos.

La planificación agregada tiene por objetivo proveer los niveles óptimos de producción sobre cierto horizonte (mediano plazo) de modo que maximice la utilidad (o minimice los costos) satisfaciendo los requerimientos de demanda para los distintos productos que entrega la empresa y tomando en consideración las diversas restricciones provocada por la escases de recursos (materia prima, maquinaria, mano de obra, bodegas, etc.).

Los costos más relevantes en planificación agregada de la producción se pueden clasificar en: costos básicos, costos por niveles de mano de obra, costos de inventario y el costo por prestar un mal servicio.

Según [Boiteux et al.07], dentro de la resolución del problema de la planificación agregada de la producción, los métodos se pueden clasificar en tres grupos:

- *Los métodos de comparación de alternativas* consisten en generar varios planes alternativos y seleccionar uno en función de uno o más criterios. Para ello puede hacerse uso de gráficos y hojas de

cálculo. [Alford45] desarrolla un método grafico de planificación de producción a nivel agregado.

- *Los métodos con reglas de decisión* proporcionan un plan agregado (nivel de producción, plantilla, niveles de stock, etc.) a partir de los datos (pronósticos de demanda, costos, stock actuales, etc.), mediante un conjunto de expresiones (tanto lineales como no lineales). En 1955, [Holt et al.55] formalizan el método de La Regla de Decisión Lineal (LDR), el cual consiste en una función matemática cuadrática de costo, que incluye costos de plantilla, contrataciones, despidos, tiempo extra, inventarios, pedidos pendientes o agotamiento de inventarios y gastos por cambios de producción. La solución proporciona la cantidad de trabajadores a contratar o despedir, las horas de tiempo extra requeridas, fluctuaciones esperadas en inventario y los cambios de máquinas.

- La utilización de *modelos de programación matemática* para planificación agregada de la producción se inicia con [Bowman56], quien vincula la planificación a un problema de transporte. Posteriormente se han propuesto numerosos modelos de programación matemática: de programación lineal, programación lineal entera mixta y de programación no lineal. Dentro de los trabajos más recientes sobre planificación agregada, se destacan: [Tadei et al.95] con un modelo de planificación y programación lineal entera mixta industria alimentaria; [Leung&Wan-Lung07], con un modelo de programación lineal por metas; [Leung et al.06] con un modelo estocástico con una distribución de probabilidad sobre los pronósticos de demanda; [Wang&Liang04], un modelo de programación lineal multiobjetivo para un entorno de variables de lógica difusa; [Gomes et al.06] con un modelo multicriterio de programación lineal entera mixta. Para terminar se puede mencionar un modelo para la planificación de la producción en una planta de refrigeradores llevados a cabo por [Gazmuri et al.99]; [Maturana et al.96], con un sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en Optimización; [Albornoz98] con el desarrollo de un estudio y proposición de modelos de optimización robusta para planificación de la producción bajo incertidumbre en la demanda; y, por último, [Olivares04], con un modelo de Optimización Robusta para la planificación de la producción en una empresa papelera.

Es así como la elección de la resolución para la problemática y expuesta por diferentes autores es de desarrollar un modelo de optimización lineal, siendo estas las grandes razones por las cuales se ha inclinado hacia este método:

- Técnica mayormente sugerida por los autores.
- Permite trabajar de manera eficiente con mayor número de variables de decisión.
- No resulta mayormente compleja su definición y formulación.
- Es una herramienta que permite mejorar la toma de decisiones. La familiarización con el tomador de decisiones no es compleja.

5.3 Modelos de pronósticos

Expuesto por Claudio [Soto09], en el proceso de planificación de la producción resulta evidente la necesidad intrínseca de tomar decisiones en escenarios en los cuales usualmente se presentará un retraso entre el conocimiento de ciertos eventos inminentes y su ocurrencia. Este retraso es la razón principal que motiva a Gerencias de Producción (entre otras) a desarrollar pronósticos que ayuden a seleccionar la mejor combinación de recursos humanos, materiales y maquinaria para producir la demanda requerida de forma eficiente, minimizando la dependencia del azar.

Sin importar el sistema para el que se utilizará el pronóstico, es muy importante comprender algunas de sus características fundamentales, [Chapman06]:

- Los pronósticos en sus mayores casos resultan ser incorrectos, por lo mismo es necesario contar con flexibilidad a la reacción en estos casos.

- Todo pronóstico debe contener error de estimación. Pronosticar no es sólo obtener un valor, sino que es precisar un rango y una varianza para estos.

- Los pronósticos agregados resultan los más precisos. En el caso de las demandas resulten independientes, la varianza del promedio es menor que la varianza de cada ítem.

- Los pronósticos resultan con una mayor precisión cuando se desarrollan para períodos cortos.

Existen dos tipos de métodos fundamentales para el desarrollo de pronósticos: cualitativos y cuantitativos. Los primeros se emplean en situaciones en las que el pasado no proporciona información directa sobre el fenómeno considerado, basándose usualmente en opinión de expertos. Por el contrario, en los métodos cuantitativos se extrae toda la información posible contenida en los datos históricos en base al patrón de conducta seguido en el pasado. Existen dos técnicas de análisis cuantitativo: modelos de series temporales y modelos causales.

Una serie temporal, también llamada serie cronológica o histórica, puede definirse como la sucesión de observaciones de la variable en distintos momentos en el tiempo. Básicamente lo que se busca con el estudio de las series temporales es el conocimiento de una variable a través del tiempo para, a partir de éste, y bajo el supuesto de que no se van a producir cambios estructurales, extrapolar ese comportamiento. Por ende, para este tipo de análisis no se requiere conocer ninguna relación de causalidad explicativa del comportamiento de la variable endógena.

Los modelos causales parten del supuesto que factores externos pueden influir en la variable objeto de estudio. Algunos de los enfoques más comunes de pronóstico causal son: Modelos de regresión y de simulación.

Los pronósticos de serie de tiempo son los más desarrollados por los responsables de operaciones cuando se requiere la necesidad de hacer proyecciones para realizar planes de producción sensatos. Esta preferencia so-

bre los métodos causales se justifica principalmente porque estas últimas requieren de cierto conocimiento previo e información del mercado y medioambiente. Tal conocimiento rara vez está a la mano del responsable de operaciones, quien especialmente tiene su atención sólo en los procesos internos. Viña Ventisquero no es la excepción respecto al punto recién mencionado, por lo cual para este trabajo, el análisis se reduce a métodos de series de tiempo, para las cuales se detallan brevemente las técnicas habitualmente utilizadas.

5.3.1 Método de pronóstico por serie de tiempo

En el pronóstico de series de tiempo se intenta detectar los patrones que influyen en la demanda pasada. Estos patrones son: ruido o parte aleatoria E(t) , tendencia T(t) y estacionalidad S(t).

Una serie temporal Y(t) puede admitir una descomposición de tipo:

Aditiva: $Y(t) = S(t) + T(t) + E(t)$

Multiplicativa: $Y(t) = S(t) * T(t) * E(t)$

A continuación se detallan métodos de pronósticos de series de tiempo, abarcando desde técnicas simples, hasta otras más complejas.

5.3.2 Promedios Móviles Simples y Promedios Móviles Ponderados

Estas técnicas suponen que a partir de las "n" observaciones más recientes a "t", es posible determinar el valor para el período t+1. En la primera técnica se considera que los "n" períodos tienen igual ponderación (Véase ecuación 1). En cambio en la segunda, cada uno de los períodos podrá tener un peso distinto en la ponderación (Véase ecuación 2). De esta forma:

$$\dot{y}_{t+1} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^{n} y_{t-i+1} \qquad (1)$$

$$\dot{y}_{t+1} = \sum_{i=1}^{n} W_i * y_{t-i+1} \text{ donde } \sum_{i=1}^{n} W_i = 1 \qquad (2)$$

Con: $\dot{y}_{t+1}$: Promedio móvil ponderado

$\dot{y}_{t-i}$: Promedio móvil ponderado anterior

n: Observaciones

W: Factor de ponderación.

5.3.3 Suavización Exponencial Simple

En esta técnica se asigna un peso mayor a la observación más reciente. El cálculo correspondiente requiere de dos datos: el primero corresponde a la demanda real del período más reciente y el segundo es el pronóstico más reciente obtenido por cualquier otro método. A medida que termina cada período, se realiza un nuevo pronóstico. De esta forma:

$$\dot{y}_{t+1} = \alpha * y_t + (1 - \alpha) * \dot{y}_t \qquad (3)$$

Con: $\dot{y}_{t+1}$: Suavización exponencial simple.

$\dot{y}_t$: Pronostico reciente

y_t : Demanda real reciente

α : Constante de suavización

"a" corresponde a la constante de suavización (0<α<1), con lo cual un valor elevado de "*a*" da un gran peso a la demanda más reciente, mientras que un valor bajo da un gran peso al último pronóstico. Por otra parte, se debe observar que para empezar con el pronóstico es necesario tener un buen cálculo inicial, derivado de algún otro método, el cual se denomina pronóstico inicial o de arranque.

5.3.4 Suavización Exponencial Doble de Holt.

Esta técnica es utilizada cuando los datos estudiados presentan una tendencia clara. La diferencia fundamental con el suavizado exponencial es que en cada período deben ser actualizados dos componentes: el nivel o base ($\dot{y}_{t+1}$) y la tendencia. Sus ecuaciones son:

$$\dot{y}_{t+1} = \alpha * y_t + (1-\alpha) * (\dot{y}_t + b_{t-i}), \quad \text{donde } 0 < \alpha < 1 \qquad (4)$$

$$b_t = \gamma * (\dot{y}_{t+1} - \dot{y}_t) + (1-\gamma) * b_{t-1}, \quad \text{donde } 0 < \gamma < 1 \qquad (5)$$

5.3.5 Suavización Exponencial Triple de Holt - Winters

Este procedimiento es utilizado cuando se observa que en la serie de tiempo conviven una componente de tendencia y una componente estacional apreciable.

Al igual que el resto de los suavizamientos exponenciales, la aproximación a cada componente se realiza condensando la información existente hasta el período "t -1" para generar el valor de la serie en "t", y posteriormente se agregan los diferentes componentes. La agregación de las distintas componentes puede ser llevada a cabo a través de dos formulaciones:

- *Método de Holt-Winters aditivo:* Los diferentes componentes se combinan de forma aditiva, donde "a" es la constante, "b" la tendencia y "c" el componente estacional. Es utilizado para series en que la fluctuación entre los valores para los factores estacionales de un año a otro tiende a ser estable (por ejemplo que para cada mes de diciembre las ventas aumentan en 1000 unidades con respecto al período anterior, sin importar el crecimiento porcentual de las ventas).

$$\dot{y}_{t+k} = a_t + b_t * k + c_{t+k-s}, \quad \text{para el periodo k-ésimo.} \qquad (6)$$

- Método de Holt-Winters Multiplicativo: El componente estacional "c" multiplica a la constante y la tendencia ("α" y "b"). Es utilizado en series en que la variación de los factores estacionales de un año a otro depende del cambio porcentual de la tendencia (por ejemplo un producto para el cual la demanda en cada mes de diciembre es un 10% mayor a la del año anterior).

$$\dot{y}_{t+k} = (a_t + b_t * k) * c_{t+k-s} \qquad (7)$$

En ambos casos "s" corresponde a los factores estacionales del año (4 por ejemplo si se considera una estacionalidad trimestral). El factor estacional para cada caso está definido de forma tal que:

$$\sum c_t = 0 \quad \text{Para caso aditivo.} \qquad (8)$$

$$\sum c_t = s \quad \text{Para caso multiplicativo} \qquad (9)$$

Las ecuaciones para el cálculo de aproximaciones para las tres componentes son las siguientes:

Método Aditivo:

$$a_t = \alpha_1 * (Y_t - c_{t-s}) + (1 - \alpha_1) * (a_{t-1} + b_{t-1}) \qquad (10)$$

$$b_t = \alpha_2 * (a_t - a_{t-1}) + (1 - \alpha_2) * b_{t-1} \qquad (11)$$

$$c_t = \alpha_3 * (Y_t - a_t) + (1 - \alpha_3) * c_{t-s} \qquad (12)$$

Método multiplicativo:

$$a_t = \alpha_1 * \left(\frac{Y_t}{c_{t-s}}\right) + (1 - \alpha_1) * (a_{t-1} + b_{t-1}) \quad (13)$$

$$b_t = \alpha_2 * (a_t - a_{t-1}) + (1 - \alpha_2) * b_{t-1} \quad (14)$$

$$c_t = \alpha_3 * \left(\frac{Y_t}{a_t}\right) + (1 - \alpha_3) * c_{t-s} \quad (15)$$

De las ecuaciones (10) y (13), se puede observar como ofrece un valor de la constante en el momento "t", tomando en primer lugar la información que ofrece el valor de demanda "Y_t", corregido de estacionalidad, y luego se añade la información que aportan los valores del momento inmediatamente anterior tomando la suma de la estimación de la tendencia más la constante del periodo anterior.

En las ecuaciones (11) y (14) se aproxima el valor de la tendencia en "t" tomando por un lado la diferencia de las estimaciones de las constantes en "t" y en "t-1" y por otro lado el valor de la tendencia en el momento anterior.

Por último, las ecuaciones (12) y (15) ofrecen un acercamiento a los factores estacionales, tomando en consideración en primer lugar un acercamiento al efecto estacional en el momento "t", que se consigue dividiendo el valor de la serie original en "t" entre una estimación de la constante (o nivel medio) en "t", y en segundo lugar el valor del factor estacional en el mismo periodo del año anterior.

Para poder realizar pronósticos utilizando el método de Holt-Winters se requiere conocer los valores iníciales y los valores de las constantes "α_1", "α_2" y "α_3". Los valores iníciales para comenzar los cálculos recursivos son "S+2", correspondientes a los S factores estacionales del año, a la primera observación y a la tendencia inicial. Los valores de "α_1", "α_2" y "α_3" deben ser tales que se consigan las mejores predicciones, es decir, se debe buscar la

combinación que minimice el error de predicción (por ejemplo del RECM detallado en los siguientes párrafos).

Dentro de los trabajos en que ha sido estudiada la capacidad predictiva del método de Holt-Winters, se encuentran [Bermúdez et al.06], [Jiménez06] y [Prajakta04].

El método de Holt-Winters parece, a simple vista, ser una técnica más elaborada que debiera llevar a mejores resultados que los métodos anteriormente revisados. A esto se suma el que en esta técnica se consideran las componentes de tendencia y estacionalidad, claramente presentes en la demanda de vinos.

Si bien existen otras técnicas univariantes más complejas, tales como los modelos Box-Jenkins (ARIMA) o modelos de función de transferencia, para este trabajo se llega sólo hasta este nivel, principalmente por los siguientes motivos:

- El departamento de Producción ha formulado el requerimiento de contar con una herramienta simple, que pueda ser desarrollada en cualquier planilla de cálculo, lo cual no ocurre para métodos como el de Box-Jenkins .

- Los modelos de Box-Jenkins tienen la desventaja de requerir una cantidad grande de observaciones. Por otra parte, la estimación e interpretación de este método es compleja.

Más adelante se desarrollan y selecciona una de dos técnicas recién revisadas, donde se evalúa cuál de éstas es más adecuada para la elaboración de pronósticos en el negocio de venta de vinos.

Para el logro de esto último, se estudian algunos estadísticos que permiten evaluar la capacidad predictiva de un set de métodos, a través de la cuantificación global de los errores de predicción. Dentro de los más utilizados se encuentran: la raíz del error cuadrático medio (RECM, abreviatura uti-

lizada en parte del texto), la desviación media absoluta (MAD) y la desviación absoluta media porcentual o relativa (MAPE), dados por:

$$RECM=\sqrt{\sum_t \frac{e_t^2}{N}} \qquad MAD=\frac{1}{N}\sum_t |e_t| \qquad MAPE=\frac{1}{N}\sum_t \left|\frac{e_t}{y_t}\right| * 100$$

"e_t" es el error, calculado como la diferencia entre los valores reales y los estimados por el modelo, "N" el tamaño de la muestra e "y_t" los valores observados. Dentro de los métodos de cuantificación de error recién descritos, se dará mayor énfasis en el RECM (el que popularmente se utiliza) junto con el MAPE. Sin embargo éste último da el mismo peso a cada cociente "$\left|\frac{e_t}{y_t}\right|$", por lo cual se castiga de igual forma una desviación de un 1% para un período con valor muy pequeño, que para uno con un valor mucho mayor. Esta limitación provoca que si bien el valor MAPE pueda resultar útil para efectuar interpretaciones, no es el método más apropiado para los análisis que se efectúan en este estudio, por ende no será utilizado en este estudio y se dará prioridad al RECM para escoger el mejor método de pronóstico.

5.4 Modelo matemático de optimización lineal

La programación lineal puede considerarse como uno de los grandes avances científicos durante la primera mitad del siglo XX y sin duda es una de las herramientas cuantitativas más extendidas, siendo habitual su uso en empresa y organizaciones de todo el mundo.

La programación lineal estudia los problemas relativos a la asignación óptima de recursos limitados entre actividades competitivas. Para ello, la Programación Lineal emplea un modelo matemático que describe el problema a tratar. El adjetivo lineal indica que todas las relaciones funcionales matemáticas del modelo deben ser de carácter lineal. En cuanto al termino programación, tiene el sentido de la planificación, de formulación de un plan o programa que debe realizarse de manera óptima [Miranda05].

Cualquier modelo de optimización lineal se puede representar de la siguiente forma:

$$\mathrm{Max}(Min)\,\mathrm{z(x)} = \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{c_j x_j}$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i\,, i = 1, \ldots., m$$

$$x_j \geq 0, j \in N_n$$

Donde la función que se minimiza (o maximiza) es llamada Función Objetivo; y se denota por la letra “z”; los números “$\mathrm{c_j}$” son llamados Coeficientes de Coste y el vector $c = \langle c_1, c_2, \ldots., c_n \rangle$ es el Vector de Costes; la matriz $A = \left|a_{ij}\right|$ se denomina Matriz de Restricciones; el vector $b = \langle b_1, b_2, \ldots \ldots b_n \rangle^T$ es

llamado Vector del Lado Derecho y el vector $X = \langle x_1, x_2, \ldots\ldots, x_n \rangle^T$ es el Vector de Variables de Decisión.

6. Metodología

Los pasos a seguidos en el presente trabajo de título se describen a continuación:

1) *Levantamiento de información sobre aspectos teórico de planificación de la producción:* En esta etapa se recopila la información sobre planificación de la producción y se selecciona las herramientas que aportan al abordaje del problema.

2) *Diagnostico actual del sistema:* Definición del actual sistema de producción de Viña Ventisquero, este se logra por medio de entrevistas a los expertos y operarios de cada área involucrada. Lo anterior se complementa con observaciones propias hechas en las instalaciones de la empresa.

3) *Recopilación y análisis de información relevante para efecto de resolver el problema:* Se procederá a adquirir, analizar e interpretar datos asociados al problema y que interactúan en el proceso productivo, identificado en el análisis del sistema actual de la empresa.

4) *Definición, desarrollo y elección del pronóstico:* En esta parte se define y desarrolla los distintos métodos utilizados para pronosticar la demanda además de seleccionar el que nos arroje el mejor resultado en base a los parámetros de medición.

5) *Formulación del modelo para la planificación de la producción*: A partir del análisis de los datos se construirá un modelo que cumpla con los requerimientos del problema y que además satisfaga las restricciones de la empresa.

6) *Solución del modelo y análisis de los resultados:* Una vez construido el modelo se da inicio a la ejecución de este, donde se darán a conocer las posibles soluciones al problema. En el análisis de las soluciones sabremos si estas se adecuan o forman parte de una buena solución, si es así, el siguiente paso consiste validar el mode-

lo, de lo contrario debo volver a la etapa de formulación y corregir e interpretar nuevamente los datos.

7) *Validación del modelo:* La validación del modelo dependerá de los resultados previos y del juicio de los expertos competentes a cada área.

8) *Conclusiones:* En esta última etapa se darán a conocer los resultados finales y su aporte a la mejora en el proceso productivo, contractando el actual proceso versus la nueva propuesta.

7. Propuesta de un modelo de pronóstico

7.1 Estimación de parámetros de demanda

La demanda de vinos es de tipo estacional, donde para algunos productos se presentan de forma muy claras, y para otros, no es muy evidente. En el siguiente trabajo se dejaron fuera algunas mezclas por no tener mucho impacto en la producción, aplicando el "*Principio de Pareto*" se determinó que solo 10 mezclas de un total de 54 son dueñas del 80% de la producción de la viña (evidenciado en el historial de ventas periodo 2009-2012).

Tabla 7.1: "Principio de Pareto" aplicado a las distintas mezclas comercializadas de Viña Ventisquero.

Mezcla	Total Genera	Porcentaje	Acumulado
18	18.926.794	34,15%	34%
29	4.502.769	8,12%	42%
17	3.897.364	7,03%	49%
1	3.184.040	5,74%	55%
4	2.947.533	5,32%	60%
22	2.641.051	4,76%	65%
21	2.499.062	4,51%	70%
13	2.449.058	4,42%	74%
16	1.620.125	2,92%	77%
15	1.437.206	2,59%	80%
33	1.168.800	2,11%	82%
3	1.077.167	1,94%	84%
8	1.034.303	1,87%	85%
25	973.514	1,76%	87%
32	861.039	1,55%	89%
12	847.849	1,53%	90%
11	680.536	1,23%	92%
30	626.401	1,13%	93%
7	567.124	1,02%	94%
9	409.630	0,74%	94%
42	333.046	0,60%	95%
43	289.458	0,52%	96%
26	284.122	0,51%	96%
50	277.602	0,50%	97%
40	262.696	0,47%	97%
40	262.696	0,47%	97%
6	219.922	0,40%	97%
48	209.906	0,38%	98%
35	201.865	0,36%	98%
45	137.712	0,25%	98%
10	135.849	0,25%	99%
44	102.788	0,19%	99%
36	102.410	0,18%	99%
27	96.512	0,17%	99%
23	79.139	0,14%	99%
37	48.095	0,09%	99%
20	44.430	0,08%	100%
46	38.610	0,07%	100%
49	27.890	0,05%	100%
14	26.880	0,05%	100%
5	21.048	0,04%	100%
19	20.472	0,04%	100%
47	20.134	0,04%	100%
41	16.896	0,03%	100%
24	15.558	0,03%	100%
31	15.333	0,03%	100%
39	13.640	0,02%	100%
2	13.370	0,02%	100%
28	9.440	0,02%	100%
34	9.040	0,02%	100%
51	2.961	0,01%	100%
38	0	0,00%	100%
Total	55.428.189		

Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Para el desarrollo de los pronósticos se ha optado por trabajar en planilla Excel, utilizando como información histórica las mediciones mensuales de ventas desde enero del año 2009 hasta diciembre del año 2012 (es decir 48 meses). Para un mejor manejo de los datos (dado la cantidad de estos y variedades de productos terminados existentes) se trabajó en forma paralela con Acces, logrando segmentar de forma óptima los datos requeridos.

Se han seleccionado dos técnicas de predicción descritas en el capítulo "Revisión Bibliográfica y Enfoque de Solución", sección "Pronósticos", estas son Promedios Móviles Ponderados y Suavización Exponencial, como candidato a generar los mejores resultados. Estas dos fueron elegidas, ya que la demanda no registra ningún tipo de tendencia (en la mayoría de las mezclas en estudio), además de ser herramientas de fácil utilización dado los requerimientos de la empresa.

Como se mencionó antes, la demanda es de tipo estacional, por lo tanto antes de considerar métodos específicos de pronóstico, comenzaremos analizando este factor temporal.

Las series serán trabajadas de forma multiplicativa (se considera que reflejan de mejor forma el comportamiento de éstas).

En el capítulo "Revisión Bibliográfica y Enfoque de Solución", sección "Pronósticos", hablamos de los patrones que influyen en la demanda. Estos patrones son: ruido o parte aleatoria (E(t)) , tendencia (T(t)) y estacionalidad (S(t)). Sin duda en la venta de vinos, el patrón más preponderante que influye en las ventas es la estacionalidad (como lo mencionamos antes), los otros factores no serán considerados en este trabajo.

7.2 Consideración de los efectos temporales

En general, el factor de estacionalidad en cualquier periodo de un año (trimestre, mes, etc.) mide cómo se comporta ese periodo con el promedio global de todo un año. Para ser específico cuando se ocupan datos históricos, el factor de estacionalidad se calcula como:

$$\text{Factor de estacionalidad} = \frac{\text{Promedio del periodo}}{\text{Promedio global}}$$

En la Tabla 7.2 se muestra la planilla Excel con el cálculo del factor de estacionalidad.

Tabla 7.2: Calculo del factor estacional para mezcla 18.

VENTAS					PROMEDIO DEL PERIODO	FACTOR ESTACIONAL
MES/AÑO	2009	2010	2011	2012		
ENERO	606735	593145	344565	371205	478913	1,32
FEBRERO	279360	620280	275130	423270	399510	1,10
MARZO	210780	554280	176880	337185	319781	0,88
ABRIL	305595	755112	274365	168390	375866	1,03
MAYO	275625	642780	256185	418185	398194	1,09
JUNIO	187695	907290	160650	319590	393806	1,08
JULIO	223515	218520	235995	232560	227648	0,63
AGOSTO	235980	139245	245745	267385	222089	0,61
SEPTIEMBRE	293850	212040	594630	986061	521645	1,43
OCTUBRE	173160	433890	613665	270845	372890	1,03
NOVIEMBRE	304695	156870	484065	302734	312091	0,86
DICIEMBRE	498177	224160	290205	358020	342641	0,94
			TOTAL		4365072	
			PROMEDIO GLOBAL		363756,02	

Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Estos factores de estacionalidad solo corresponden a una mezcla, Cabernet Sauvignon, mezcla 18, este se replicara para los 9 productos restantes (y sus sub-productos si poseen).

7.3 Desarrollo método "Promedios Móviles Ponderados"

El método consiste en asignar un factor de ponderación distinto para cada dato. Generalmente, a la observación o dato más reciente a partir del que se quiere hacer el pronóstico, se le asigna el mayor peso, y este peso disminuye en los valores de datos más antiguos. En esta ocasión se considera un n=4, ya que es el que menor error arroja. A cada factor de ponderación los llamaremos $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ y α_4, en principio estos factores serán 1/10, 2/10, 3/10 y 4/10 respectivamente. Estos factores cambiaran en cada producto mediante una minimización del error realizada con *Solver*, una herramienta de Excel.

Primero, se divide el valor real de venta por el factor de estacionalidad correspondiente a ese mes obteniendo el volumen de venta temporalmente ajustado, luego se aplica la fórmula de los promedios móviles ponderados:

$$\dot{y}_{t+1} = \sum_{i=1}^{n} W_i * y_{t-i+1} \text{ , donde } \sum_{i=1}^{n} W_i = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1$$

Y se obtiene el pronóstico temporalmente ajustado, por último se multiplica este por el factor de estacionalidad para devolver el valor real. Se obtiene el pronóstico real que se muestra en la Tabla 7.3.

El cálculo de los valores de "$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \, y \, \alpha_4$" requiere una mayor detención. La suma de los cuatro factores de ponderación tiene que ser igual a "1" y "$\alpha_1 \leq \alpha_2$, $\alpha_2 \leq \alpha_3$, $\alpha_3 \leq \alpha_4$"; por lo que existen infinitas alternativas, generando cada una de éstas pronósticos distintos. Por ende, la idea es determinar una combinación de valores apropiados para efectuar los pronósticos, lo cual se ha llevado a cabo mediante la minimización del error. Para esto se ha considerado la raíz del error cuadrático medio (RECM) y la herramienta *solver* de Excel que realiza las iteraciones a los factores de ponderación "$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \, y \, \alpha_4$", arrojando las combinaciones que minimiza el RECM.

La Tabla 7.3 muestra el pronóstico realizado con promedio móviles ponderado para el producto Cabernet Sauvignon, mezcla 18, este mismo procedimiento se replicara para los 9 productos restantes (y sus sub-productos si poseen).

Tabla 7.3: Promedio móvil ponderado mezcla 18.

	VENTA REAL	VENTA AJUSTADA	PROMEDIO MOVIL PONDERADO		
			PRONOSTICO AJUSTADO	PRONOSTICO REAL	ERROR PRONOSTICO
2009 enero	606735	460843	-	-	-
2009 febrero	279360	254359	-	-	-
2009 marzo	210780	239765	-	-	-
2009 abril	305595	295749	-	-	-
2009 mayo	275625	251788	293334	321104	45479
2009 junio	187695	173373	260510	282031	94336
2009 julio	223515	357153	204936	128254	95261
2009 agosto	235980	386508	304634	185992	49988
2009 septiembre	293850	204909	353117	506389	212539
2009 octubre	173160	168918	253373	259735	86575
2009 noviembre	304695	355136	208249	178671	126024
2009 diciembre	498177	528878	305822	288070	210107
2010 enero	593145	450521	438265	577009	16136
2010 febrero	620280	564768	438035	481090	139190
2010 marzo	554280	630502	521079	458085	96195
2010 abril	755112	730784	594441	614230	140882
2010 mayo	642780	587189	674473	738327	95547
2010 junio	907290	838057	619708	670903	236387
2010 julio	218520	349171	759581	475365	256845
2010 agosto	139245	228067	502579	306846	167601
2010 septiembre	212040	147861	329553	472596	260556
2010 octubre	433890	423262	234507	240396	193494
2010 noviembre	156870	182839	343053	294328	137458
2010 diciembre	224160	237974	235361	221699	2461
2011 enero	344565	261713	233520	307447	37118
2011 febrero	275130	250507	263041	288895	13765
2011 marzo	176880	201204	246676	216855	39975
2011 abril	274365	265526	219383	226686	47679
2011 mayo	256185	234029	250222	273911	17726
2011 junio	160650	148391	239533	259321	98671
2011 julio	235995	377094	180043	112675	123320
2011 agosto	245745	402502	308072	188091	57654
2011 septiembre	594630	414650	364144	522202	72428
2011 octubre	613665	598633	388389	398142	215523
2011 noviembre	484065	564199	526542	451756	32309
2011 diciembre	290205	308089	547381	515607	225402
2012 enero	371205	281947	394097	518859	147654
2012 febrero	423270	385390	334190	367038	56232
2012 marzo	337185	383553	371036	326181	11004
2012 abril	168390	162965	370166	382489	214099
2012 mayo	418185	382018	236995	259432	158753
2012 junio	319590	295203	335273	362971	43381
2012 julio	232560	371606	310464	194296	38264
2012 agosto	267385	437946	339739	207426	59959
2012 septiembre	986061	687605	408210	585395	400666
2012 octubre	270845	264211	578755	593287	322442
2012 noviembre	302734	352850	377181	323609	20875
2012 diciembre	-	-	366460	345187	-

Estimacion Factor Estacional	
Mes	Factor
Enero	1,3166
Febrero	1,0983
Marzo	0,8791
Abril	1,0333
Mayo	1,0947
Junio	1,0826
Julio	0,6258
Agosto	0,6105
Septiembre	1,4341
Octubre	1,0251
Noviembre	0,8580
Diciembre	0,9420

Ponderacion	
alfa 1	0,0778
alfa 2	0,0778
alfa 3	0,2151
alfa 4	0,6292
Suma alfas	1
Desviacion Absoluta Media	
MAD	116608,9191
RECM	148706,9355
Error Cuadrado Medio	
MSE	22113752676

Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

7.4 Desarrollo método “Suavización Exponencial Simple”

El suavizado exponencial emplea un promedio ponderado de la serie de tiempo pasada como pronóstico; es un caso especial del método de promedios móviles ponderados en el cual sólo se selecciona un peso o factor de ponderación: el de la observación más reciente.

El valor inicial para la constante base es calculada como el promedio simple de todos los datos, ósea desde enero-2009 hasta diciembre-2012.

En este caso la constante de suavización “α” será calculada por medio de *solver*, al minimizar el error.

Primero, se divide el valor real de venta por el factor de estacionalidad correspondiente a ese mes obteniendo el volumen de venta temporalmente ajustado, luego se aplica la fórmula de suavización exponencial simple.

$$\dot{y}_{t+1} = \alpha * y_t + (1 - \alpha) * \dot{y}_t$$

Y se obtiene el pronóstico temporalmente ajustado, por último se multiplica por el factor de estacionalidad para devolver el valor real. Se obtiene el pronóstico real que se muestra en la Tabla 7.4. La Tabla 7.4 muestra el pronóstico realizado con suavización exponencial simple para el producto Cabernet Sauvignon, mezcla 18, este mismo procedimiento se replicara para los 9 productos restantes (y sus sub-productos si poseen).

Tabla 7.4: Suavizamiento exponencial simple mezcla 18.

	VENTA REAL	VENTA AJUSTADA	SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE		
			PRONOSTICO AJUSTADO	PRONOSTICO REAL	ERROR PRONOSTICO
2009 enero	606735	460843	363756	478913	127823
2009 febrero	279360	254359	426077	467957	188597
2009 marzo	210780	239765	315849	277666	66886
2009 abril	305595	295749	267010	275899	29696
2009 mayo	275625	251788	285458	312483	36858
2009 junio	187695	173373	263845	285641	97946
2009 julio	223515	357153	205770	128776	94739
2009 agosto	235980	386508	302944	184960	51020
2009 septiembre	293850	204909	356585	511362	217512
2009 octubre	173160	168918	259222	265731	92571
2009 noviembre	304695	355136	201255	172671	132024
2009 diciembre	498177	528878	300033	282616	215561
2010 enero	593145	450521	446931	588419	4726
2010 febrero	620280	564768	449235	493391	126889
2010 marzo	554280	630502	523397	460123	94157
2010 abril	755112	730784	592149	611862	143250
2010 mayo	642780	587189	681140	745626	102846
2010 junio	907290	838057	620832	672120	235170
2010 julio	218520	349171	760271	475797	257277
2010 agosto	139245	228067	496382	303062	163817
2010 septiembre	212040	147861	324148	464845	252805
2010 octubre	433890	423262	210987	216285	217605
2010 noviembre	156870	182839	347249	297928	141058
2010 diciembre	224160	237974	241712	227681	3521
2011 enero	344565	261713	239313	315073	29492
2011 febrero	275130	250507	253692	278627	3497
2011 marzo	176880	201204	251648	221226	44346
2011 abril	274365	265526	219267	226567	47798
2011 mayo	256185	234029	248961	272531	16346
2011 junio	160650	148391	239376	259151	98501
2011 julio	235995	377094	180972	113257	122738
2011 agosto	245745	402502	306865	187354	58391
2011 septiembre	594630	414650	368256	528098	66532
2011 octubre	613665	598633	398037	408032	205633
2011 noviembre	484065	564199	526802	451979	32086
2011 diciembre	290205	308089	550808	518834	228629
2012 enero	371205	281947	395004	520053	148848
2012 febrero	423270	385390	322432	354124	69146
2012 marzo	337185	383553	362845	318980	18205
2012 abril	168390	162965	376138	388659	220269
2012 mayo	418185	382018	239300	261955	156230
2012 junio	319590	295203	330912	358249	38659
2012 julio	232560	371606	307990	192748	39812
2012 agosto	267385	437946	348826	212973	54412
2012 septiembre	986061	687605	406033	582273	403788
2012 octubre	270845	264211	586777	601511	330666
2012 noviembre	302734	352850	379718	325786	23052
2012 diciembre	-	-	362471	341430	-

ESTIMACION FACTOR ESTACIONAL	
MES	FACTOR
Enero	1,3166
Febrero	1,0983
Marzo	0,8791
Abril	1,0333
Mayo	1,0947
Junio	1,0826
Julio	0,6258
Agosto	0,6105
Septiembre	1,4341
Octubre	1,0251
Noviembre	0,8580
Diciembre	0,9420

CONSTANTE DE SUAVIZAMIENTO	
Alfa	0,6419
ESTIMACION INICIAL	
Promedio	363756,0208
DESVIACION ABSOLUTA MEDIA	
MAD	116000,4457
RECM	150069,3116
ERROR CUADRADO MEDIO	
MSE	21837043610

Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

7.5 Análisis de resultados y elección del pronóstico

En el anexo n°1 se muestra las categorías de vinos con sus variedades, estas son a las que se les realizo el pronóstico (16 en total), las demás variedades no serán incorporadas en este estudio dado a su poco impacto en la producción, además de su volatilidad en los datos históricos, hacer un pronóstico de estas sería absurdo, no nos entregaría ningún resultado que se acerque a la realidad.

Los gráficos representan las ventas por clase de vinos, el pronóstico por SES (Suavizamiento Exponencial Simple, abreviatura utilizada) y pronostico por PMP (Promedio Móvil Ponderado, abreviatura utilizada) para el periodo entre Enero-2009 y Diciembre-2012, el cual permitirá analizar los resultados obtenidos en cada uno de los métodos de pronostico antes mencionados.

Los valores obtenidos para la constante de suavizamiento, en el caso del método Suavización exponencial simple y los factores de ponderación, en el caso del método Promedios móviles ponderados (valores que minimizan el RECM para los meses previo al mes pronosticado) son presentados en la Tabla 7.5.

Cabe mencionar que los factores de ponderación en el caso del método Promedios móviles ponderados, hace referencia a la ponderación que se le da a los valores históricos, en este caso 4 datos anteriores, que corresponde a los 4 meses anteriores al mes pronosticado. Se le da mayor ponderación al mes anterior, reduciendo el grado de ponderación a medida que se aleja al mes pronosticado.

Para el caso del método suavización exponencial, la constante de suavización fluctúa entre 0 y 0,6. Los valores bajos de α, como en este caso, disminuyen efectivamente la variación aleatoria (ruido y dispersión).

Tabla 7.5: Valores obtenidos para las constantes de PMP y SES.

			PROMEDIOS MOVILES PONDERADOS FACTORES DE PONDERACION				SUAVIZACION EXPONENCIAL SIMPLE CONSTANTE DE SUAVIZACION
MEZCLA	BOTELLA	CORCHO	α_1	α_2	α_3	α_4	α
18	BOT ACON750 ROOT1 LIVRES CS USA 10 WBW 1	CORC.NAT.45X24MM 1+1 ROOT 1	0,0778	0,0778	0,2151	0,6292	0,6543
29	BOT BUR 750 PIC28 SC BLANCA LIV	TAPA SCR CAP 30X60 VV VERD PANT363C	0,3841	0,2315	0,2315	0,1528	0,1889
		TAPA CREW CAP 30X60MM YALI WT DORADA CLA	0,4331	0,4331	0,1338	0,0000	0,2137
	BOT BUR ACONC750 ROOT1 LIVRES SB USA 11W	TAPA SCREW CAP 30X60MM VERDE P5743	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,0000
17	BOT BUR 750 PIC28 CORCHO VERDE LIV	CORC.NAT.45X24MM 1+1 VENT	0,3000	0,2333	0,2333	0,2333	0,0000
1	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV	TAPON NAT 45X24 MICROA V. VENTISQUERO	0,3818	0,2061	0,2061	0,2061	0,0000
	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV	TAPA SCREW CAP 30X60M DORADA GEN	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,4859
4	BOT BURD 700 PIC14 VERDE CPE	TAPON NAT 45X24 MICROA V. VENTISQUERO	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,4207
	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV	TAPON NAT 45X24 MICROA V. VENTISQUERO	0,3447	0,3447	0,2031	0,1076	0,1737
	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV	TAPA ROSCA STEL.NEG.30X60MM GEN	0,8013	0,0993	0,0993	0,0000	0,2785
22	BOT ACON750 ROOT1 LIVRES CAR USA10WBW 13	CORC.NAT.45X24MM 1+1 ROOT 1	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,2267
21	BOT BUR 750 PIC28 CORCHO VERDE LIV	CORC.NAT.45X24MM 1+1 VENT	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,0000
13	BOT. BURDEO 750 MAU SC CAP VER LIVIANA	TAPA SCR.CAP 30X60YALI WET BURD PANT186C	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,4876
16	BOT. BURDEO 750 MAU SC CAP VER LIVIANA	TAPA SCREW CAP 30X60MM NEGRO TESCO BOGOF	0,2852	0,2475	0,2475	0,2197	0,0525
15	BOT BURD 750 BLANCA PIC 16 SC LIV	TAPA SCR CAP 30X60 VV VERD PANT363C	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	0,0115
	BOT. BURDEO 750 MAU SC CAP VER LIVIANA	TAPA SCR CAP 30X60YALI WET VERD PANT363C	0,2605	0,2605	0,2605	0,2185	0,6419

Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

La Tabla 7.6 muestra los valores de RECM minimizados, para cada mezcla. Los valores son mostrados para cada método de pronóstico, Promedio móviles ponderados y suavización exponencial simple respectivamente.

Tabla 7.6: Valores obtenidos de RECM para cada tipo de producto.

			PROMEDIOS MOVILES PONDERADOS	SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL SIMPLE	
MEZCLA	BOTELLA	CORCHO	RECM	RECM	BENEFICIO SES
18	BOT ACON750 ROOT1 LIVRES CS USA 10 WBW 1	CORC.NAT.45X24MM 1+1 ROOT 1	148706,9	150054,5	-0,898043665
29	BOT BUR 750 PIC28 SC BLANCA LIV	TAPA SCR CAP 30X60 VV VERD PANT363C	7731,5	6879,5	12,38417008
		TAPA CREW CAP 30X60MM YALI WT DORADA CLA	3824,7	4324,8	-11,56247059
	BOT BUR ACONC750 ROOT1 LIVRES SB USA 11W	TAPA SCREW CAP 30X60MM VERDE P5743	48650,5	37457,7	29,88118089
17	BOT BUR 750 PIC28 CORCHO VERDE LIV	CORC.NAT.45X24MM 1+1 VENT	19761,7	19474,4	1,47562112
1	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV	TAPON NAT 45X24 MICROA V. VENTISQUERO	29127,3	26922,2	8,190440986
	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV	TAPA SCREW CAP 30X60M DORADA GEN	12699,0	12003,5	5,793372377
4	BOT BURD 700 PIC14 VERDE CPE	TAPON NAT 45X24 MICROA V. VENTISQUERO	571,4	570,8	0,110728576
	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV	TAPON NAT 45X24 MICROA V. VENTISQUERO	20582,4	19849,0	3,695086211
	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV	TAPA ROSCA STEL.NEG.30X60MM GEN	1237,4	2009,5	-38,41897783
22	BOT ACON750 ROOT1 LIVRES CAR USA10WBW 13	CORC.NAT.45X24MM 1+1 ROOT 1	34996,6	32636,5	7,231468159
21	BOT BUR 750 PIC28 CORCHO VERDE LIV	CORC.NAT.45X24MM 1+1 VENT	20668,4	20656,0	0,060298343
13	BOT. BURDEO 750 MAU SC CAP VER LIVIANA	TAPA SCR.CAP 30X60YALI WET BURD PANT186C	14000,8	12684,5	10,37727191
16	BOT. BURDEO 750 MAU SC CAP VER LIVIANA	TAPA SCREW CAP 30X60MM NEGRO TESCO BOGOF	37097,8	34198,1	8,479071463
15	BOT BURD 750 BLANCA PIC 16 SC LIV	TAPA SCR CAP 30X60 VV VERD PANT363C	1022,4	881,3	16,00446557
	BOT. BURDEO 750 MAU SC CAP VER LIVIANA	TAPA SCR CAP 30X60YALI WET VERD PANT363C	31934,6	26239,4	21,7048654

Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

A partir de los valores de las constantes de suavizamiento se realizan los pronósticos para cada uno de los productos ya señalados. La Tabla 7.6, al igual que la figura anterior presenta el contraste en términos de errores cuadráticos medios (RECM) de los resultados obtenidos con las técnicas de pronósticos desarrolladas. La columna “Beneficio SES (suavización exponen-

cial simple)" corresponde al beneficio aportado por la técnica Suavización exponencial simple, teniéndose como valores de color rojo los casos en que se obtienen mejores pronósticos con la técnica PMP (Promedios móviles ponderados).

Como se puede observar en la Tabla 7.6, se obtiene mejores resultado con SES por sobre PMP, teniendo un mayor beneficio en 13 de los 16 productos (81%), esto se debe a que en los 3 productos que se genera mejor resultado con PMP (A-cabernet; A-syrah; B-syrah; C-cabernet; y E-cab/carm/syr) no se observan temporalidades marcadas, teniéndose comportamientos más similares mes a mes. La empresa al no tener un método de pronóstico definido, hace que SES sea aceptable.

7.6 Evaluación del método de pronóstico a utilizar

Si bien producto de que no se cuenta con una base histórica amplia de datos, sólo ha sido posible evaluar las técnicas de pronósticos para un período de 48 meses, se han observado características dispares en cada uno de los productos que permite considerar confiable los resultados obtenidos, lo cual sólo podrá continuar siendo corroborado en el tiempo mediante nuevos pronósticos, para lo cual se dejan descritas para su implementación todas las herramientas requeridas.

A partir de los resultados recién expuestos resulta evidente que la implementación del método de SES permite obtener mejores resultados que PMP, al menos en 13 de 16 productos (81%). Si bien esta técnica no es mayormente compleja, permite obtener resultados que a nivel agregado pueden ser considerados más que aceptables. La implementación de un método de pronóstico, permitirá enfrentar de mucha mejor forma la aleatoriedad de este parámetro en el corto plazo.

El presente trabajo, debiera corresponder al punto de inicio para posibles estudios futuros de la demanda de vinos, donde mediante técnicas más avanzadas sería posible obtener mejores resultados, a la vez que pudieran permitir incorporar otras variables críticas del sistema.

En relación al método de SES, habitualmente una vez logrado el nivel propuesto en este estudio, se procede a analizar posibles mejoras, siempre dentro de la misma técnica, las que pueden ser obtenidos a través de un mayor análisis en la definición de los valores iníciales, determinando cuanta información histórica es apropiado utilizar para los pronósticos ("x" años o todos los que sea posible), la frecuencia con que serán re-calculados los valores para las constantes de suavizamiento "α" entre otros.

Por último no queda más que señalar que siempre resultará conveniente tener más de una técnica de pronósticos implementados, de manera que los valores pronosticados finales surjan a partir del complemento de los resultados de dichas técnicas y la experiencia de personal de la empresa.

8. Propuesta de un modelo de planificación de la producción

En esta sección se describe el Modelo de Programación Lineal desarrollado, sirviendo como herramienta en la toma de decisiones del departamento de Planificación de Viña Ventisquero.

Para resolver el problema de encontrar la cantidad óptima de producción de vinos que minimice los costos asociados al proceso, se construirá un modelo de planificación de producción que se adapte a las condiciones de la empresa. A continuación se presenta la metodología de formulación del modelo, aplicada a la situación actual de Viña Ventisquero. A través de esta metodología se comienza con la definición de las variables de decisión, parámetros y restricciones, con el objeto de formular un modelo que mejor se adapte a la realidad de la empresa.

En la Construcción del modelo de planificación de producción se consideran las previsiones de demanda determinadas en el capítulo anterior como datos de entrada, así como los inventarios iníciales de vinos. El modelo propuesto considera un horizonte de planificación de un mes. Además, se han definido supuestos que logren disminuir la complejidad del problema.

8.1 Supuestos para la construcción del modelo

La formulación del modelo asume que todos los parámetros son conocidos con exactitud. La definición de éstos ha sido llevada a cabo considerando que los parámetros utilizados deben ser tales que la información pueda ser obtenida de manera confiable a partir de los datos disponibles por la empresa. Además, se han efectuado ciertas simplificaciones y supuestos relacionados al funcionamiento del sistema de manera de hacer abordable el problema.

- Consideraremos una disposición de 9 horas diarias (1 turnos) que se traducen en un total de 180 horas disponibles al mes (20 días).
- Por medio de un pronóstico se predecirá la demanda de cada producto que a su vez será el dato de entrada del modelo permitiendo generar la planeación de la producción.
- La unidad de medida es de cajas de 9L.
- La venta de productos de baja demanda como por ejemplo los botellones de 5 y 1,5lts, no se consideran en el modelo.
- A petición de la empresa solo se trabajara con las mezclas de calidad Reserva o inferior, ya que de calidad superior a Reserva reciben otros tratos diferentes aumentando la complejidad del modelo.

8.2 Descripción del modelo

Para el diseño del modelo se considera que existen M mezclas de vinos que corresponden a $M \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10\}$ respectivamente. También para cada mezcla se sabe que existe B distintos tipos de botellas, dado que $B \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11\}$. Por último, se tiene que para cada tipo de botella existen C tipos de corchos/tapas definido por $C \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12\}$.

Existe un total de 51 tipos de mezclas, 35 botellas y 28 corchos/tapas diferentes. El número total de productos será dado por la siguiente multiplicación M×B×C dando como resultado un total de 49.980 productos ofrecidos. Como alcance cabe destacar que, primero, el estudio se aplicó solo a los productos que generan mayor impacto dentro del área de producción (para este efecto se utilizó "*Principio de Pareto*"), segundo, cada mezcla utiliza combinaciones de botella/corcho determinadas por las propias marcas (cada mezcla no utiliza todas las botellas, tampoco cada botella utiliza todos los corchos), y tercero, para cada mezcla no se trabajó con aquellos productos terminados que presentaban una demanda poco constante; dado esto se tiene un total de 16 productos. Para efectos del modelo, se considerara 0 el nivel de producción (inventario inicial) de dichos productos. La Tabla 8.1 muestra la lista de productos demandados a la Viña Ventisquero (los utilizados en el modelo).

Tabla 8.1: Listado mezcla/botella/corcho a trabajar en el modelo.

MEZCLA	BOTELLA	CORCHO/TAPA
18	BOT ACON750 ROOT1 LIVRES CS USA 10 WBW 1	CORC.NAT.45X24MM 1+1 ROOT 1
29	BOT BUR 750 PIC28 SC BLANCA LIV	TAPA SCR CAP 30X60 VV VERD PANT363C
		TAPA CREW CAP 30X60MM YALI WT DORADA CLA
	BOT BUR ACONC750 ROOT1 LIVRES SB USA 11W	TAPA SCREW CAP 30X60MM VERDE P5743
17	BOT BUR 750 PIC28 CORCHO VERDE LIV	CORC.NAT.45X24MM 1+1 VENT
1	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV	TAPON NAT 45X24 MICROA V. VENTISQUERO
	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV	TAPA SCREW CAP 30X60M DORADA GEN
4	BOT BURD 700 PIC14 VERDE CPE	TAPON NAT 45X24 MICROA V. VENTISQUERO
	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 CORCHO LIV	TAPON NAT 45X24 MICROA V. VENTISQUERO
	BOT BURD 750 VERDE PIC 16 SC LIV	TAPA ROSCA STEL.NEG.30X60MM GEN
22	BOT ACON750 ROOT1 LIVRES CAR USA10WBW 13	CORC.NAT.45X24MM 1+1 ROOT 1
21	BOT BUR 750 PIC28 CORCHO VERDE LIV	CORC.NAT.45X24MM 1+1 VENT
13	BOT. BURDEO 750 MAU SC CAP VER LIVIANA	TAPA SCR.CAP 30X60YALI WET BURD PANT186C
16	BOT. BURDEO 750 MAU SC CAP VER LIVIANA	TAPA SCREW CAP 30X60MM NEGRO TESCO BOGOF
15	BOT BURD 750 BLANCA PIC 16 SC LIV	TAPA SCR CAP 30X60 VV VERD PANT363C
	BOT. BURDEO 750 MAU SC CAP VER LIVIANA	TAPA SCR CAP 30X60YALI WET VERD PANT363C

Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

El horizonte de planificación a considerar es de “t” períodos, donde en un inicio se ha considerado un período mensual, esto quiere decir t ∈ {1}.

La razón de porque se consideró un mes como horizonte de tiempo está directamente relacionado con las previsiones de demanda estimadas por el pronóstico desarrollado, ya que los métodos en cuestión estiman el volumen de demanda para un periodo de un mes. Para pronosticar la demanda de un mes es condición necesaria tener la información de las cantidades demandadas del mes anterior.

8.3 Modelación Matemática

La modelación matemática es un procedimiento que reconoce y verbaliza un problema para posteriormente cuantificarlo, transformando las expresiones verbales en expresiones matemáticas. El proceso de modelación consta de cuatros pasos, los cuales se ilustran en la Tabla 8.2:

Tabla 8.2: Pasos de Modelación Matemática.

Modelación Matemática
Paso 1: **Identificación de las Variables de decisión**
Paso 2: **Identificación de la función objetivo**
Paso 3: **Identificación de las restricciones**
Paso 4: **Traducción de los elementos anteriores a un modelo matemático**

Fuente: elaboración propia en base a información recopilada en cátedras de “Investigación de operaciones”

8.3.1 Paso 1: Identificación de las variables de decisión

En Primer lugar se realiza una diferenciación entre las variables de decisión (variables que podemos controlar) y los parámetros del modelo (lo que no se pueden modificar).

Las variables de decisión que involucra el modelo de planeación presentadas en términos verbales son las siguientes:

- Volumen de producción de cada producto de las distintas mezclas.
- Niveles de inventario al final de cada producto

8.3.1.1 Definición de parámetros y variables

Se definen los parámetros y variables de decisión del modelo generalizado de planificación de la producción, considerando “M” mezclas, “B” botellas y “C” corchos/tapas, para un periodo en el horizonte de planificación.

Se utilizan los siguientes índices para identificar mezcla, botella, corcho/tapa y periodos.

$\boldsymbol{m}$: Mezclas de vinos que van desde $m = 1, \ldots, M$.

$\boldsymbol{b}$: Botellas que van desde $b = 1, \ldots, B$.

$\boldsymbol{c}$: Corchos/Tapas que van desde $c = 1, \ldots, C$.

8.3.1.2 Parámetros

$\boldsymbol{c_{mbc}}$: Costo de producir una botella de vino de mezcla "m", botella "b" y corcho/tapa "c".

$\boldsymbol{h_{mbc}}$: Costo de almacenar una botella de vino de mezcla "m", botella "b" y corcho/tapa "c".

$\boldsymbol{d_{mbc}}$: Demanda botellas de vino de mezcla "m", botella "b" y corcho/tapa "c", para el periodo de un mes.

cap_t= capacidad de producir de la línea en el periodo "t", expresado en $\left[\frac{botellas}{mes}\right]$.

$\boldsymbol{I_{mbc}}$: Inventario inicial de producto semi-terminado de vino de mezcla "m", botella "b" y corcho/tapa "c".

8.3.1.3 Variables de decisión

$\boldsymbol{x_{mbc}}$: Cantidad de botellas de vino a producir de mezcla "m", botella "b" y corcho/tapa "c".

$\boldsymbol{I_{mbc}}$: Inventario final de botellas de vino de mezcla "m", botella "b" y corcho/tapa "c".

8.3.2 Paso 2: Identificación de la Función objetivo

La función objetivo responde a la siguiente pregunta:

¿Cuántos vinos de las distintas mezclas, tipos de botellas y su correspondiente corcho se deben producir y almacenar, de tal forma de minimizar los costos involucrados en el proceso?

Como se puede observar la función objetivo tiene relación con la minimización de costos, que involucra tanto al proceso de producir y almacenar vinos de las distintas categorías y variedades.

8.3.3 Paso 3: Identificación de restricciones

1) Debe existir un balance entre la cantidad a producir, demanda e inventario al final del periodo.

2.) Existe una limitación en la capacidad de la línea de producción, reflejada en un límite de horas mensuales disponibles para responder a la demanda.

3.) Debe existir una restricción que asegure el cumplimiento de la demanda del periodo, expresada en lo producido en dicho periodo y lo inventariado en el periodo anterior.

4) Las limitaciones de la línea de producción queda expresada por la producción del mes versus lo permitido por la línea de producción.

5) El volumen de producción, dado el tipo de procesamiento, tiene que ser múltiplo de 7000 litros (777,8 botellas de 9L).

Lo anterior queda reflejado en el punto 8.3.4.1.

8.3.4 Paso 4: Formalización del modelo matemático

El objetivo del modelo de planeación de producción es minimizar los costos de producción expresado en el costo de producir una botella de vino y su costo de mantención en inventario de productos semi-terminados.

8.3.4.1 Función Objetivo

$$Min:\ Cp = \sum_{m=1}^{M}\sum_{b=1}^{B}\sum_{c=1}^{C} C_{mbc}X_{mbc} + \sum_{t=1}^{M}\sum_{c=1}^{B}\sum_{v=1}^{C} h_{mbc}I_{mbc}$$

Sujeto a:

1- Balance de inventario.

$$I_{mbc,t-1} + X_{mbct} - d_{mbct} = I_{mbct}$$

2- Límite de horas disponibles.

$$0{,}00018\sum_{m=1}^{M}\sum_{b=1}^{B}\sum_{c=1}^{C} X_{mbc} \leq 180$$

3- Cumplimento de la demanda.

$$I_{mbc,t-1} + X_{mbct} \geq d_{mbct}$$

4- Limite de capacidad de la línea.

$$\sum_{t=1}^{M}\sum_{c=1}^{B}\sum_{v=1}^{C} X_{mbct} \leq cap_t\,(diaria, Semanal, mensual)Colchon.$$

5- Volumen de producción.

$$X_{mbct} \in \mathbb{N};\ y\ multiplo\ de\ 777{,}8$$

8.4 Solución del modelo

El modelo considera alrededor de 16 variables y 35 restricciones, tomando un horizonte de planificación de un mes. Su desarrollo computacional ha sido mediante el uso de la herramienta Solver de Excel.

El computador utilizado para la ejecución ha sido un VAIO® Computer, procesador Intel(R) Pentium(R) CPU B940 @ 2.00GHz, 4 Gb de ram.

La planilla Excel muestra la relación existente entre la demanda, costos, inventarios y cantidades producidas.

En el anexo n°2 se muestra la planilla Excel del modelo.

9. Análisis de Resultados y Análisis de Sensibilidad

9.1 Validación del Modelo

A pesar de que los valores para algunos parámetros han sido supuestos, el modelo ha sido validado a partir de una prueba retrospectiva, es decir, a través de la simulación del periodo Diciembre de 2012, evaluando la similitud entre los resultados reales y los entregados por el modelo.

Es importante destacar que dada la búsqueda de una solución óptima en base a criterios definidos por el tesista, las soluciones otorgadas no tienen porque ser iguales a las que se dan en realidad. Sin embargo pueden existir ciertas semejanzas que permitan confirmar la adecuada definición del modelo.

Los parámetros han sido definidos en base a la escasa información disponible, además de la confidencialidad de los datos, apoyada por la información brindada por personal de planta relacionado con la actividad.

Los niveles de stock inicial serán 0, ya que el estudio sobre gestión de inventarios no es parte de lo expuesto en el trabajo de título.

Cabe destacar que el modelo arroja la cantidad de llenados de mezcla para producir (7000 litros por partida), por lo que la cantidad producida será múltiplo de esta.

El modelo expuesto muestra como resultado una disminución en un 5% de los costos totales, causado principalmente por la diferencia que existe entre lo pronosticado y la venta real. El resultado de aquello genera una planificación en la producción, disminuyendo tiempos de setup, merma y mejor servicio cliente; dando como resultado tangible una reducción en 3 días la producción, los cuales uno de ellos será utilizado para la fabricación de la diferencia que existe entre previsión y venta real, así aminorando en 2

días el trabajo real de producción y los costos asociados a ella, los cuales reflejan una disminución de $55.000.000.-(costo de dos días de producción), y de forma intangible un mejor servicio cliente.

El modelo es aceptable dada la situación de la empresa, ya que el trabajo del departamento de planificación es reciente, su creación fue en el año 2010 como respuesta a una consultoría de la organización. El departamento no trabaja con pronósticos de venta basados en modelos matemáticos (dato entrada al modelo de planificación de la producción) además de no contar con modelos de planificación basados en programación lineal u otro tipo; es por ello que el modelo presentado es básico pero con gran aceptación como comienzo y base en el trabajo del departamento.

A partir de los análisis efectuados, se ha confirmado el buen funcionamiento del modelo, por lo cual en la siguiente sección se procede a desarrollar el análisis de sensibilidad.

9.2 Análisis de Sensibilidad

En el punto anterior se ha demostrado la validez del modelo. En lo que sigue, se realizará un análisis más en profundidad del impacto que tiene en los resultados la variación en el valor de ciertos parámetros.

En este parte evaluaremos los recursos escasos disponibles, llamados “precios sombra” que interpreta la cantidad de mejoramiento en la función objetivo por cada cambio unitario.

El aumento en la demanda de mezclas de vinos (dato pronosticado y entrada al modelo) en un 10% no afectaría en gran medida al resultado, dado que la demanda pronosticada agregada es de 843.720 cajas de 9L y un aumento de un 10% en la demanda da como resultado 928.092 cajas de 9L, en cambio si la demanda supera 1.000.000 cajas de 9L el resultado se ve afec-

tado en un aumento en los costos y disminución en utilidades, dado que la producción de una unidad extra sobre lo expuesto requiere el trabajo de horas extras, las cuales son de mayor costo en términos de mano de obra y repercuten en el aumento de los costos totales.

Si la venta disminuye ocasionaría el aumento de días de no producción, donde el departamento de operaciones tendrá que utilizar al personal en otras actividades para así absorber la disminución de costos que ello conlleva y que no se vea reflejado en un aumento por la no producción de vinos.

Supongamos que una empresa externa ofrece producir cada caja de 9L a $600 pesos. Dado que el precio de mano de obra es únicamente $550 pesos por caja de 9L, en este caso la utilidad presenta una mejora de $50 pesos, mientras que el recurso adicional presenta una pérdida de $50 pesos por cada caja de 9L adicional; siendo base para la toma de decisiones en la generación de un segundo turno.

10. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se trató el típico problema de planificación de producción que enfrentan muchas empresas productoras. Esta vez aplicado a una empresa de la industria vitivinícola, Viña Ventisquero. El problema se concluyó a través del análisis de la situación actúan, el cual arrojo que no posee una planificación al mediano plazo y se abordó mediante un modelo basado en programación lineal expuesta por diferentes autores y alimentado con el modelo de pronostico propuesto en el capítulo 7, considerando ciertos supuestos que simplifican pero no desvirtúan la complejidad del problema. Se lograron resultados bastante interesantes que apoyan la constante búsqueda de minimización de costos asociados a la producción.

La interrogante expuesta sobre la función objetivo:

¿Cuántos vinos de las distintas mezclas, tipos de botellas y su correspondiente corcho se deben producir y almacenar, de tal forma de minimizar los costos involucrados en el proceso?

Destaca dos puntos: cantidad a producir y cantidad a almacenar; abordando y dando respuesta solo a la cantidad a producir, dejando el camino zanjado para profundizar sobre inventarios (niveles de stock vs servicio cliente) y así perfeccionar el modelo en cuestión.

Del análisis de los resultados obtenidos a partir del modelo y generación de un buffer o colchón de productos semi-terminados (camino zanjado), se observó la reducción de los costos totales de producción en un 5%. Lo anterior se debe fundamentalmente a la cantidad menor producida a través de la previsión de venta en contraste a la venta y producción real, si bien a primera vista no se dimensiona el avance, el modelo es de gran apoyo (como trabajo de planificación) ante decisiones sobre políticas relacionadas con tiempo extra, contrataciones, despidos, numero de turnos y niveles de inventario.

Además, dentro de los resultados obtenidos se observa una mejora en el nivel de servicio, llámese así al tiempo de respuesta entre la recepción de la orden de compra hasta tener el producto listo para despacho, esto debido netamente a la generación del buffer. Actualmente Viña Ventisquero maneja un tiempo de respuesta de hasta 30 días a la orden de compra. De los resultados de este trabajo, se percató que el nivel de servicio de todas las órdenes de compra no superó los 10 días, desde la recepción de la orden hasta el despacho de la misma, no incurriendo en costo de castigo asociado al incumplimiento de fechas de despacho. En el periodo estudiado, Diciembre del 2012, Viña Ventisquero tuvo costos de castigo en 32 órdenes de compra que recibió, este costo equivale al envió del 1% más en mercadería de cada orden de compra por no cumplimiento de fechas, presentando un costo extra de $10.000.000 aproximadamente.

En la planilla de resultados se aprecia que la demanda pronosticada se cumple en un periodo de 17 días hábiles, generando una holgura de tiempo de 3 días. Esto permitió mejorar el tiempo de respuesta a variaciones de la demanda pronosticada versus la real.

Podemos observar el porcentaje de la diferencia de la demanda real y la pronosticada. Cuando esta es negativa quiere decir que la demanda pronosticada supera a la demanda real. Cuando sucede esto, el excedente queda en inventario final del periodo y pasa a ser un dato de entrada muy importante en el modelo que entrego la información para el siguiente periodo (inventario inicial del siguiente periodo). Cuando la diferencia es positiva, nos dice que es necesario producir la diferencia en cada mezcla de vino.

Como explicamos anteriormente, tenemos una holgura de 3 días para satisfacer el excedente de demanda. En este periodo tenemos un excedente de 44.855 cajas de 9L de mezcla (que es la suma de todos los excedentes de cada mezcla de vinos). Si manejáramos un stock de seguridad como inventario inicial en el periodo estudiado deberíamos restar la cantidad a las diferencias entre la demanda real y la pronosticada.

El excedente da la suma de 44.855 cajas de 9L de mezcla tendrán que ser producidas en los 3 días que tenemos de holgura para satisfacer este exceso de demanda que no se ajustó de buena forma al pronóstico.

Tenemos una producción diaria de 50.000 cajas de 9L de mezcla, de esto concluimos que podemos satisfacer el exceso de demanda en poco menos de 1 día, quedando aun una holgura de 2 días que podrán ser utilizados para otros propósitos del departamento de producción, reflejando así una disminución de $55.000.000 pesos.

En el trabajo de título se ha asumido un comportamiento lineal en los costos de fabricación, supuesto considerado aceptable, dada la estructura del proceso productivo y del nivel de uso de las instalaciones. En un nivel bajo de utilización de la capacidad de la línea, los costos fijos debes ser absorbidos por bajas cantidades de botellas de vino producidas, en consecuencia se refleja un aumento en el costo por unidad. Contrariamente, a medida que se aumenta la utilización de la capacidad, los costos fijos son absorbidos por un mayor número de productos, disminuyendo los costos de producción unitarios.

Debido a que la programación de la producción se realiza posterior al proceso de planificación, el modelo no sugiere la secuencia en que los diferentes productos se producirán en la línea de producción. A partir del modelo propuesto, se recomienda continuar la desagregación en el proceso de planificación, desarrollando la programación de la producción, junto a la determinación de los lotes de producción. Esto permitirá un mayor grado de integración de las operaciones.

Para un trabajo de mejora continua, se recomienda a la empresa a trabajar en temas de inventario (stock de seguridad, nivel de servicio, etc.) ya que es de suma importancia para mejorar y complementar el modelo presentado.

Por último, cabe destacar que el modelo propuesto presenta una mejora en los tiempos de *setup* en un 10% ocasionado principalmente por el

cambio de mezcla a producir, disminuyendo los tiempos de limpieza de cañerías y disminución de mermas por esta actividad.

Bibliografía

[Alford45] Alford L., “Production Handbook”, The Ronald Press Co., New York (1945).

[Albornoz98] Albornoz V., “Diseño de modelos y algoritmos de optimización robusta y su aplicación a la planificación agregada de la producción”, Tesis de doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

[Boiteux et al.07] Boiteux O., Corominas A., Lusa A., “Estado del arte sobre Planificación Agregada de la Producción”, Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales, XI Congreso de Ingeniería de Organización (CIO), International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, Madrid, Sept. 2007.

[Bowman56] Bowman, E., “Production Scheduling by the Transportation Method of Linear Programing”, Operations Research, 4-1, 100-103 (1956).

[Bermúdez et al.06] Bermúdez José, Segura j., Vercher E., “Intervalos de predicción en series temporales utilizando el método de Holt-Winters”, XXIX Congreso Nacional de estadística e Investigación Operativa SEIO, Tenerife, Mayo 2006.

[Chapman06] Chapman S., “Planificación y control de la producción”, Editorial Pearson, 1ª edición (2006).

[Gazmuri et al.99] Gazmuri P., Maturana S., Contesse L., “Una proposición de metodología y herramientas para el desarrollo de sistemas de apoyo a la gestión basados en modelos analíticos”, Apuntes Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile (1999).

[Gomes et al.06] Gomes da Silva C., Figueira J., Lisboa J., Barman S., “An interactive decision support system for an aggregate production planing model base don multiple criteria mixed integer linear programming”, Omega 34, 167-177 (2006).

[Holt et al.55]Holt C., Modigliani F., Muth J., Simon H. (1955), "A Linear Decision Rule for Production and Employment Scheduling", Management Science, 2-1, 1-30.

[Jimenez et al.06] Jimenez J., Gázquez J., Sanchez R., "La capacidad predictiva de los métodos Box-Jenkins y Holt-Winters, una aplicación al sector turístico", Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa, volumen 15 N°3, 185-198 (2006).

[Leung&Wan-Lung07] Leung S., Wan-Lung Ng, "A goal programming model for production planning of perishable products with postponement", Computers & Industrial Engineering, An International Journal, 53, 531-541 (2007).

[Leung et al.06] Leung S., Wu Y., Lai K., "A stochastic programing approach for multi-site aggregate production planning", Journal of the Operational Research Society, 57-2, 123-132 (2006).

[Matta05] Matta, A. design of advanced manufacturin systems. Vol 1, Netherlands, Springer, pp. 1-13. 2005

[Maturana et al.96] Maturana S., Gazmuri P., Villena C., "Development and implementation of a production planning DDS for a manufacturing firm", Proceedings of the 20th international conference on Computers & Engineering, ICC&IE 96, Kyongju, Korea, 757-760, Octubre 1996.

[Miranda05] Miranda F., (2005). Manual de dirección de operaciones". Vol. 2, Madrid, PP. 411-41.

[Muñoz09] Muñoz D., Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios. Mexico: Cengage Learning, 2009, p. 8-9.

[Olivares04] Olivares C., "Modelo de optimización robusta aplicado a la planificación de la producción en una empresa papelera", Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile (2004).

[Prajakta04] Prajakta K., "Time series Forecasting using Holt-Winters exponential smoothing", Kanwal Rekhi School of Information Technology (2004).

[Soto09] Soto C., “Modelo matemático de planificación agregada de la producción y gestión del proceso de canje de cilindros en Gasco S.A.”, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial, Universidad de Chile (2009).

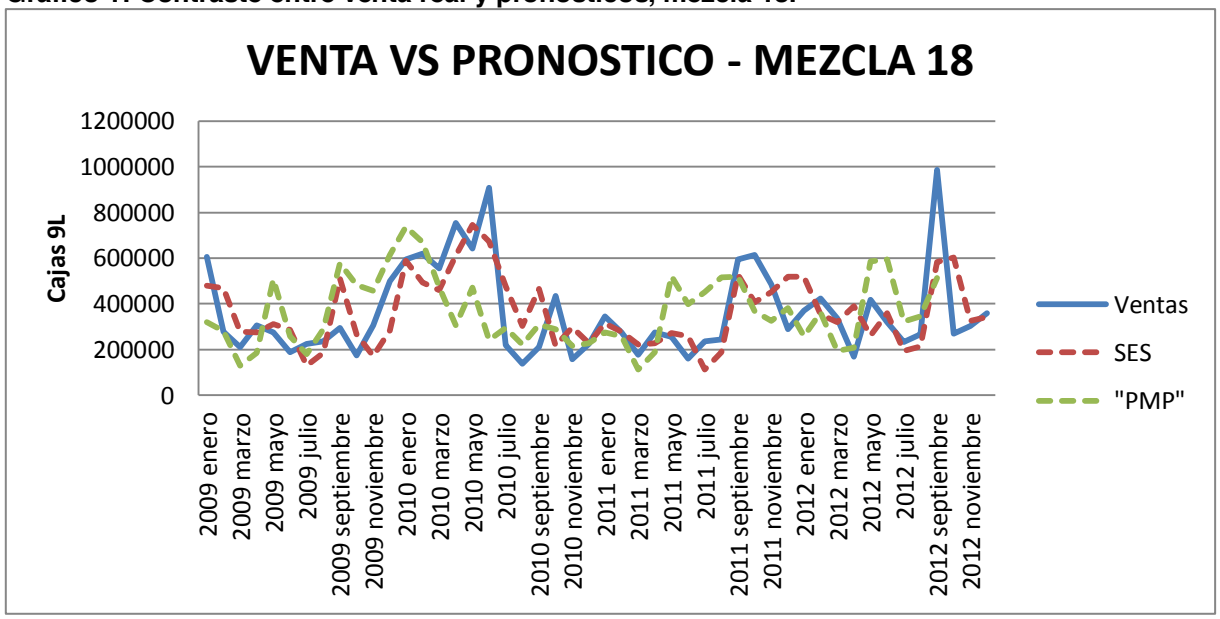
[Tadei et al.95] Tadei R., Trubian M., Avendaño, J., Della Crose, F., Menga, G., “Aggregate planning and scheduling in the food industry: A case study”. European Journalmof Operational Research, 87, 564-573 (1995).

[Wang&Liang04] Wang R., Liang T., “Application of fuzzy multi-objetive linear programing to aggregate production planning”, Computers & Industrial Engineering, 46, 17-41 (2004).

[Zimmerman06] Zimmerman, H. Intelligent Manufacturing management, StudFuzz 201, pp. 383-400. 2006

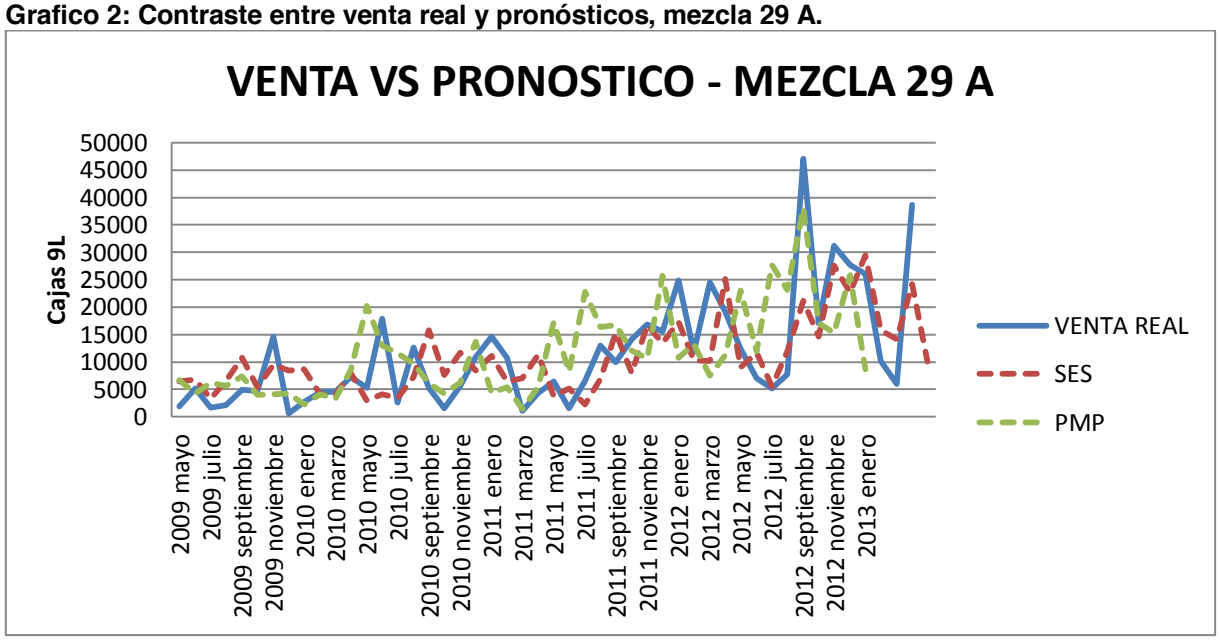
Anexo N°1: Grafica agregada de las proyecciones de venta en contraste con venta real.

Grafico 1: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 18.



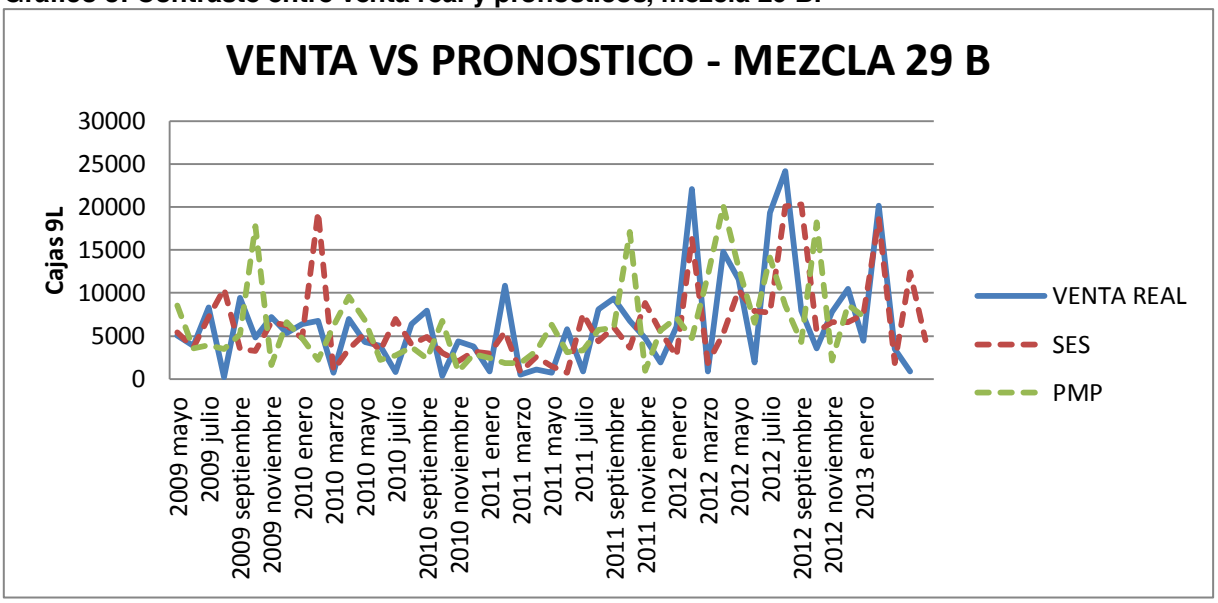
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 2: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 29 A.



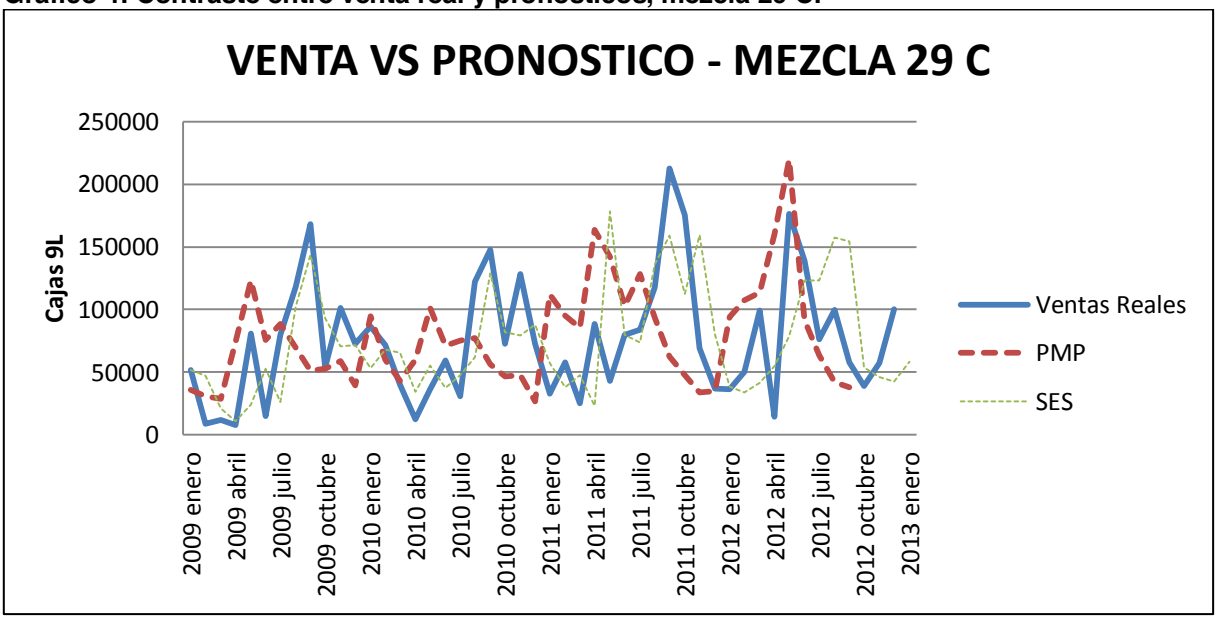
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 3: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 29 B.



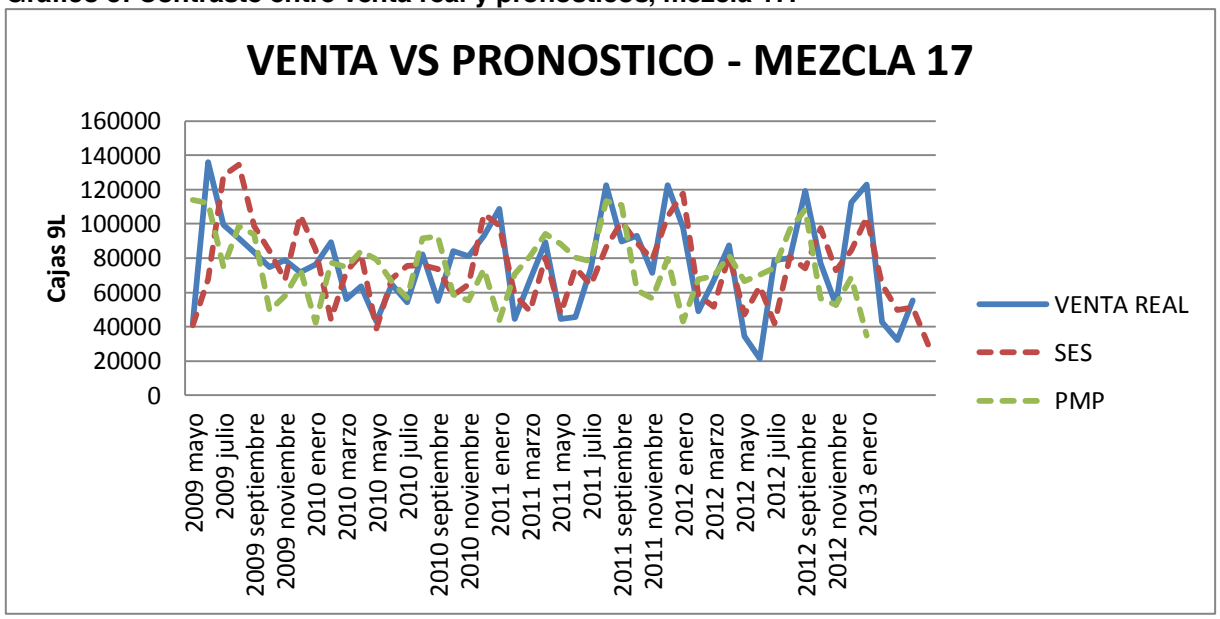
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 4: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 29 C.



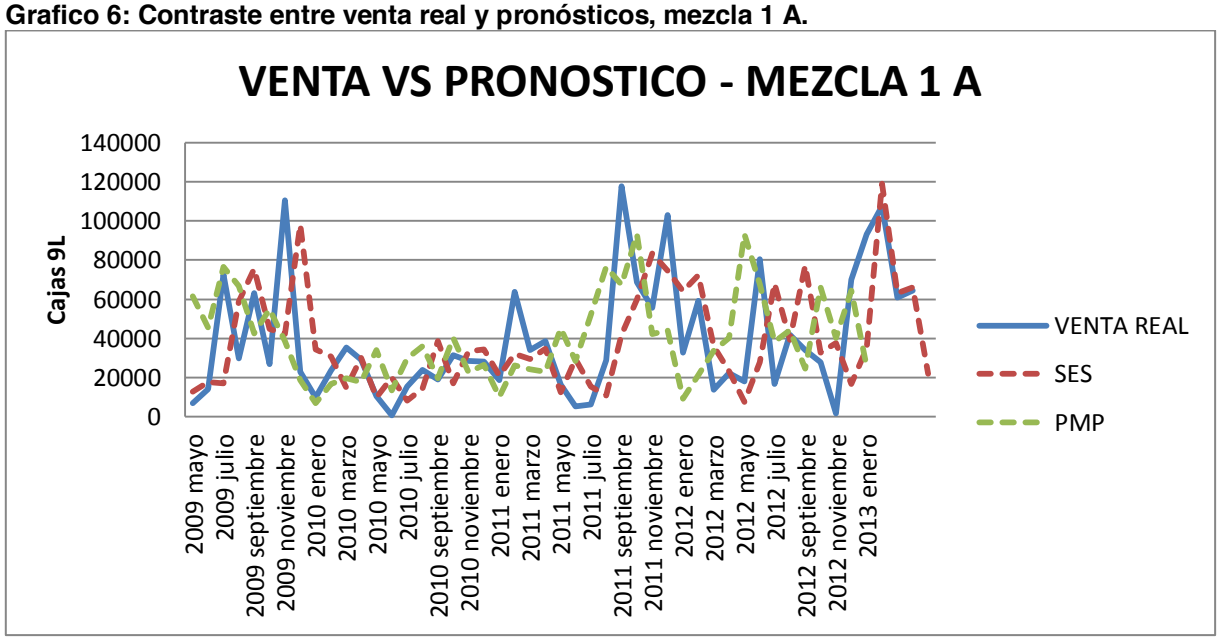
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 5: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 17.



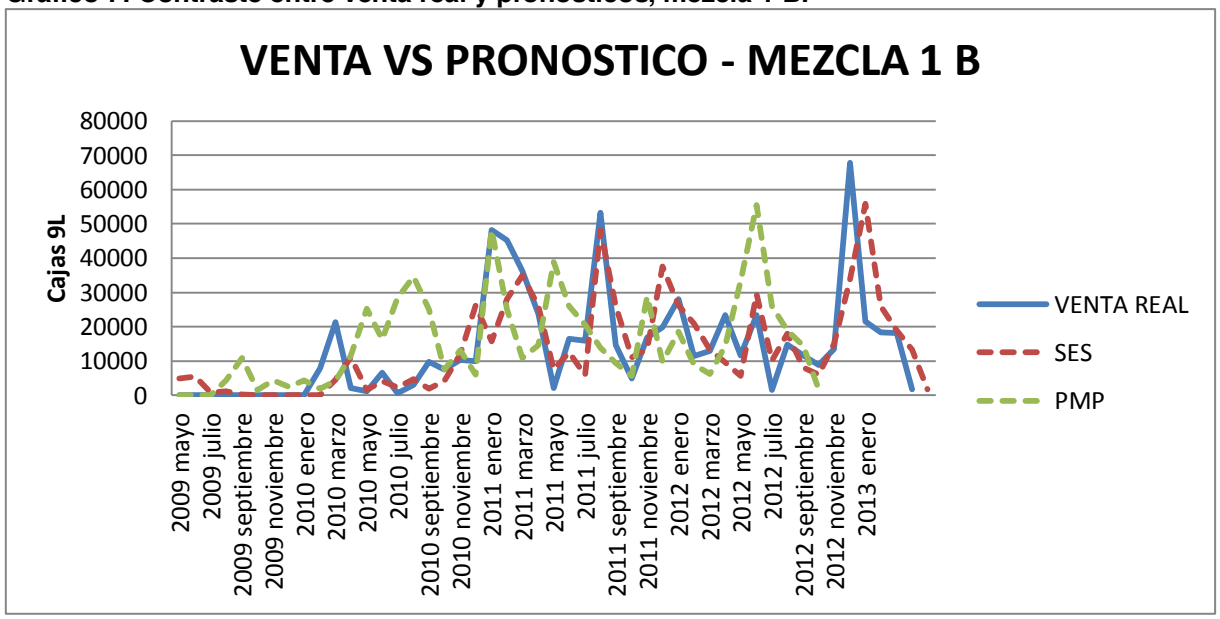
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 6: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 1 A.



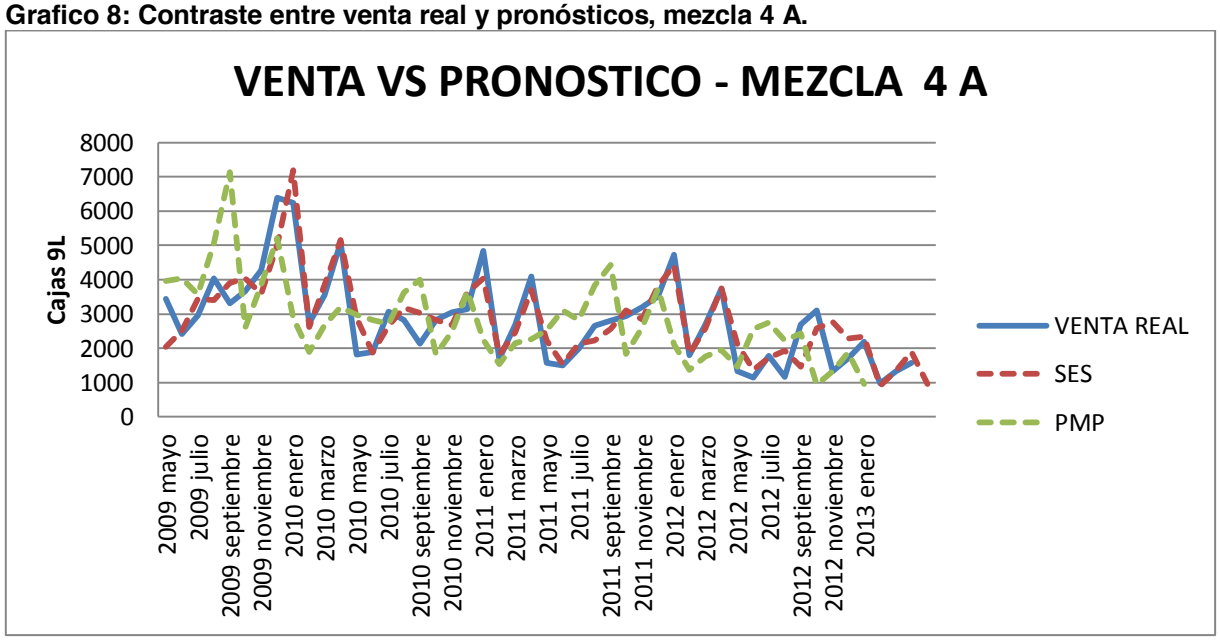
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 7: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 1 B.



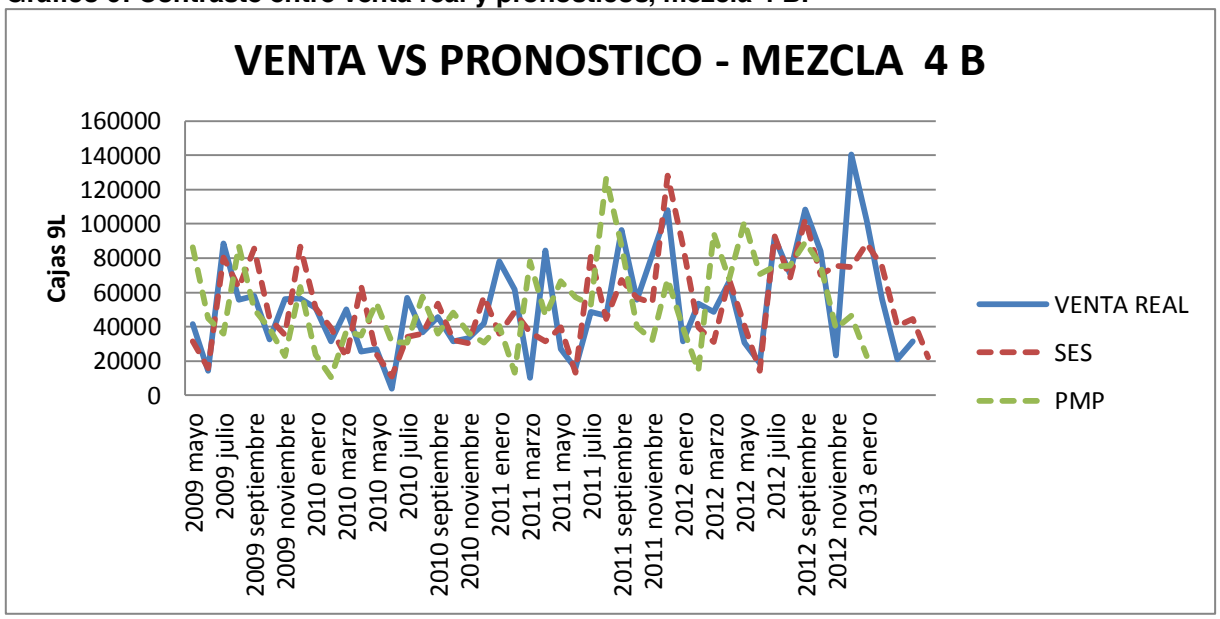
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 8: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 4 A.



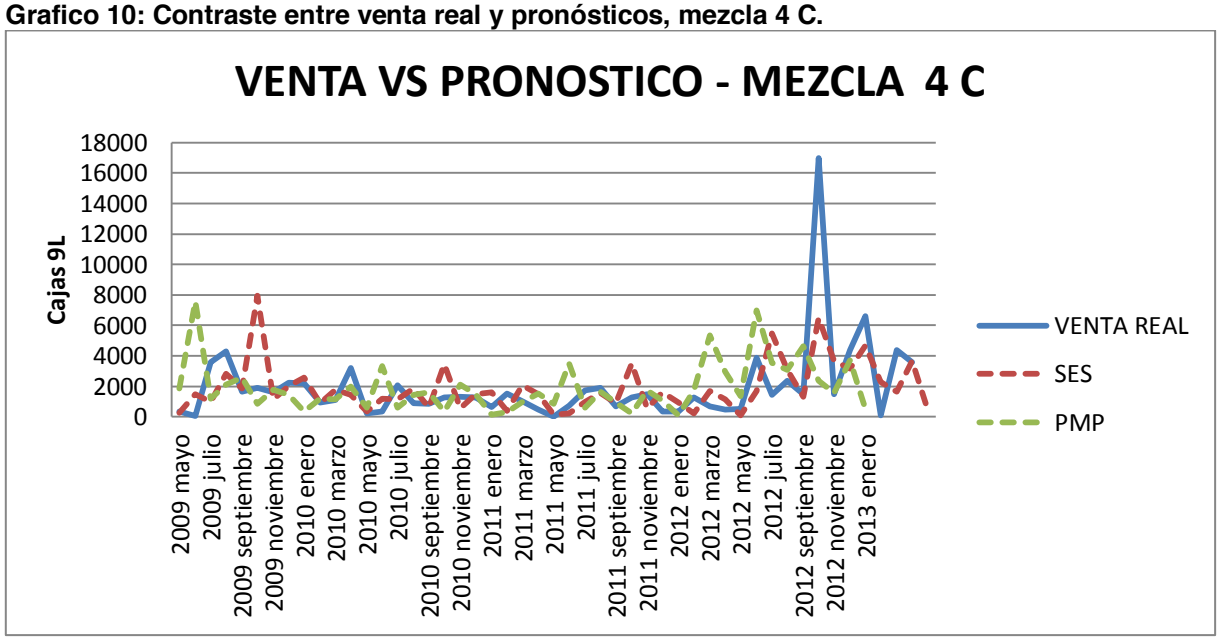
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 9: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 4 B.



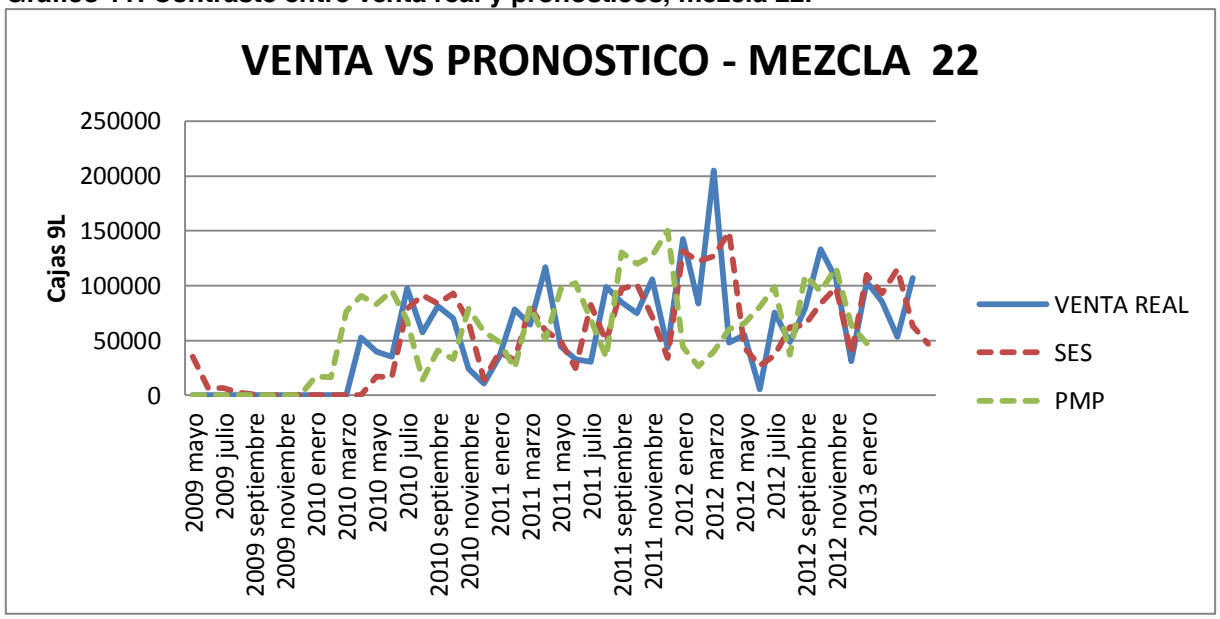
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 10: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 4 C.



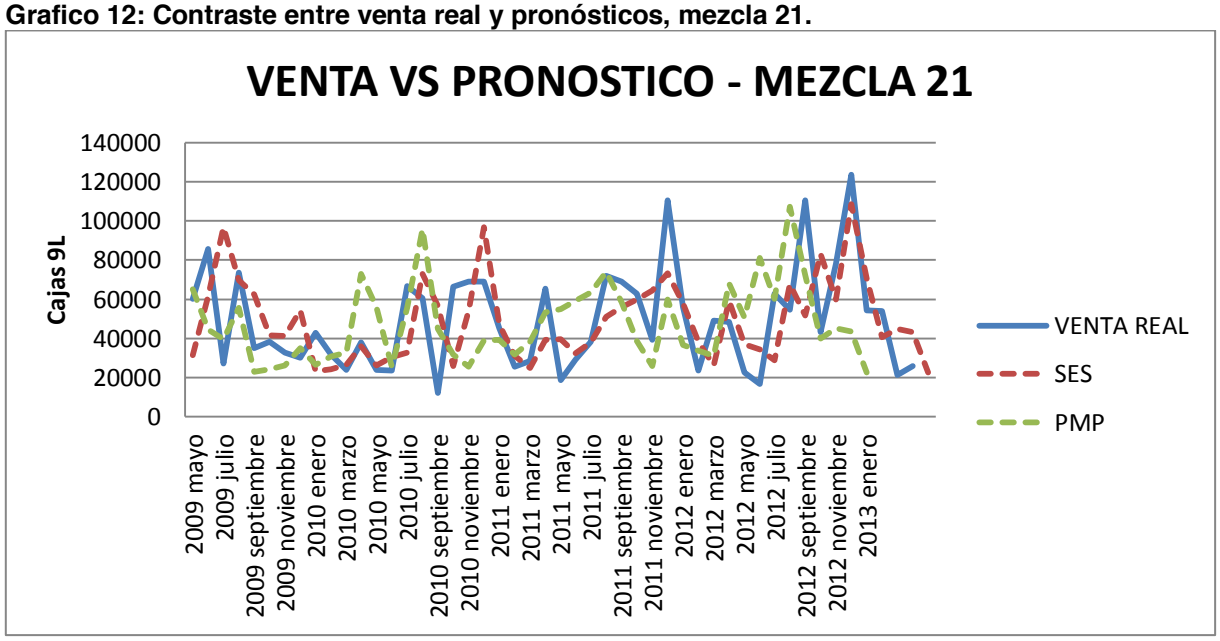
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 11: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 22.



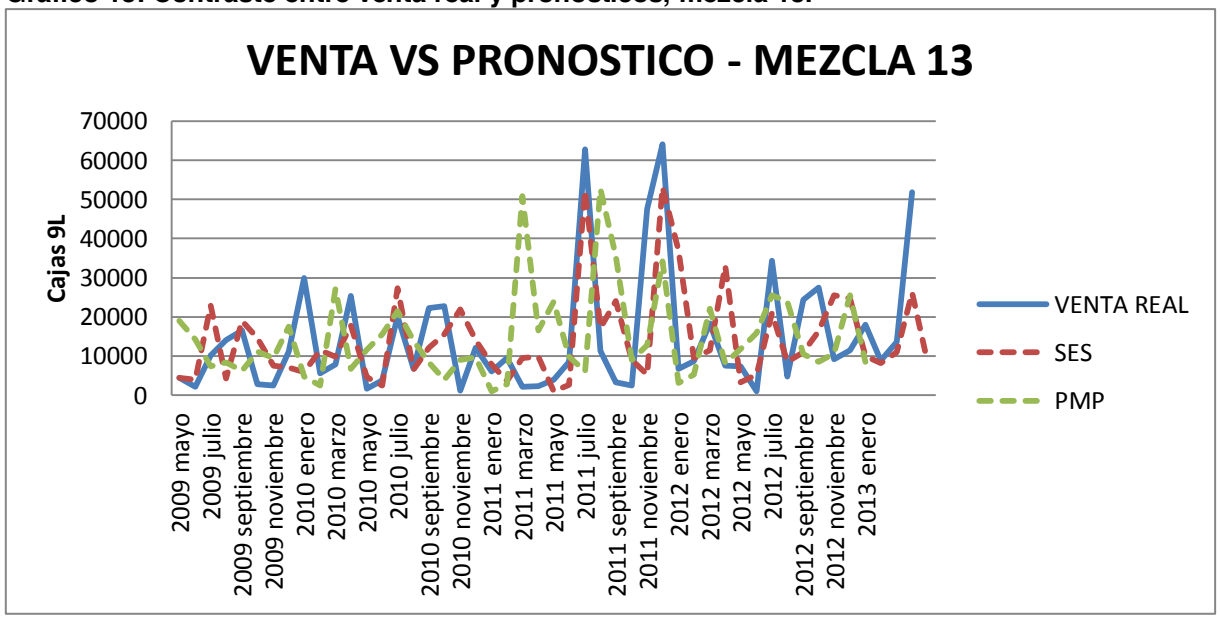
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 12: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 21.



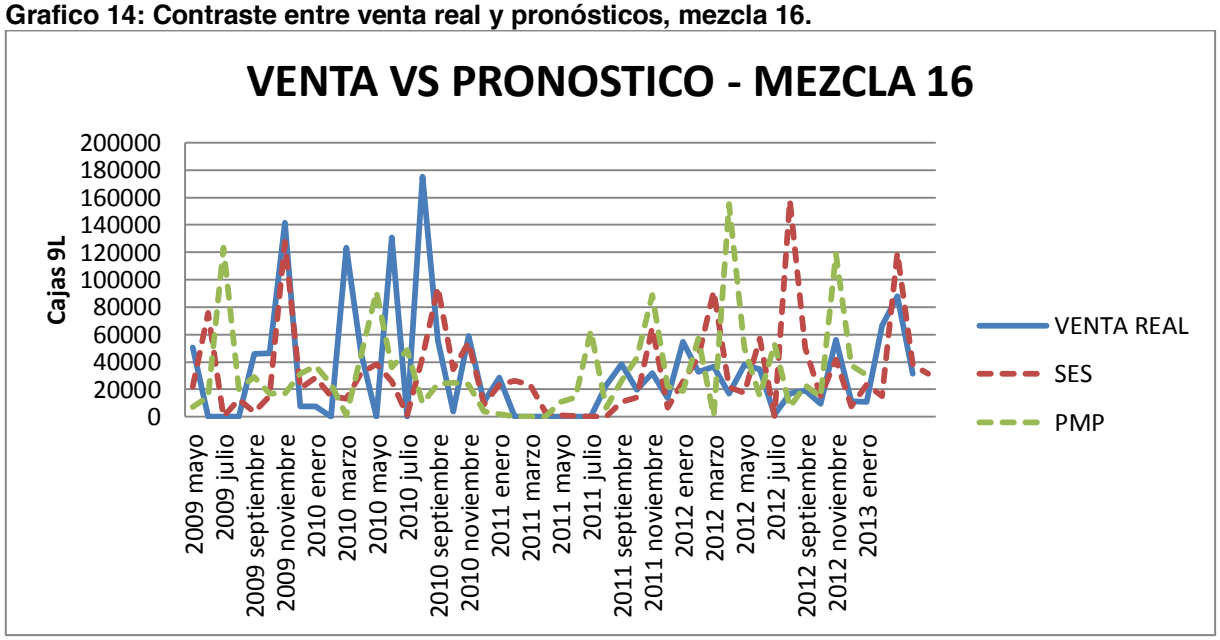
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 13: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 13.



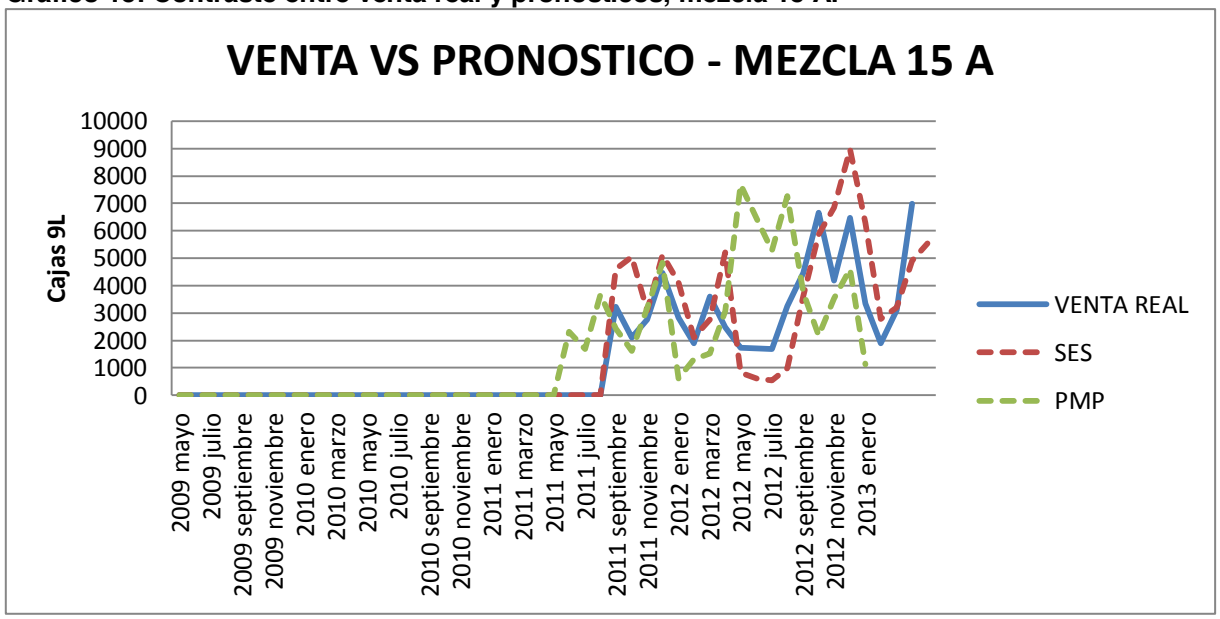
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 14: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 16.



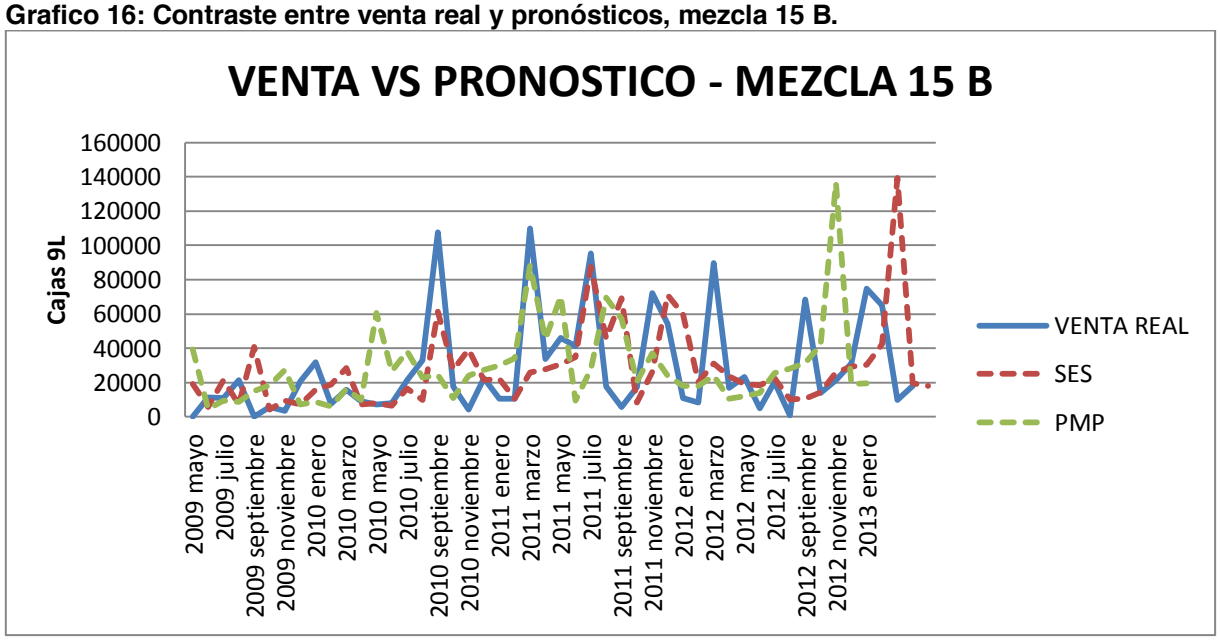
Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Grafico 15: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 15 A.



Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

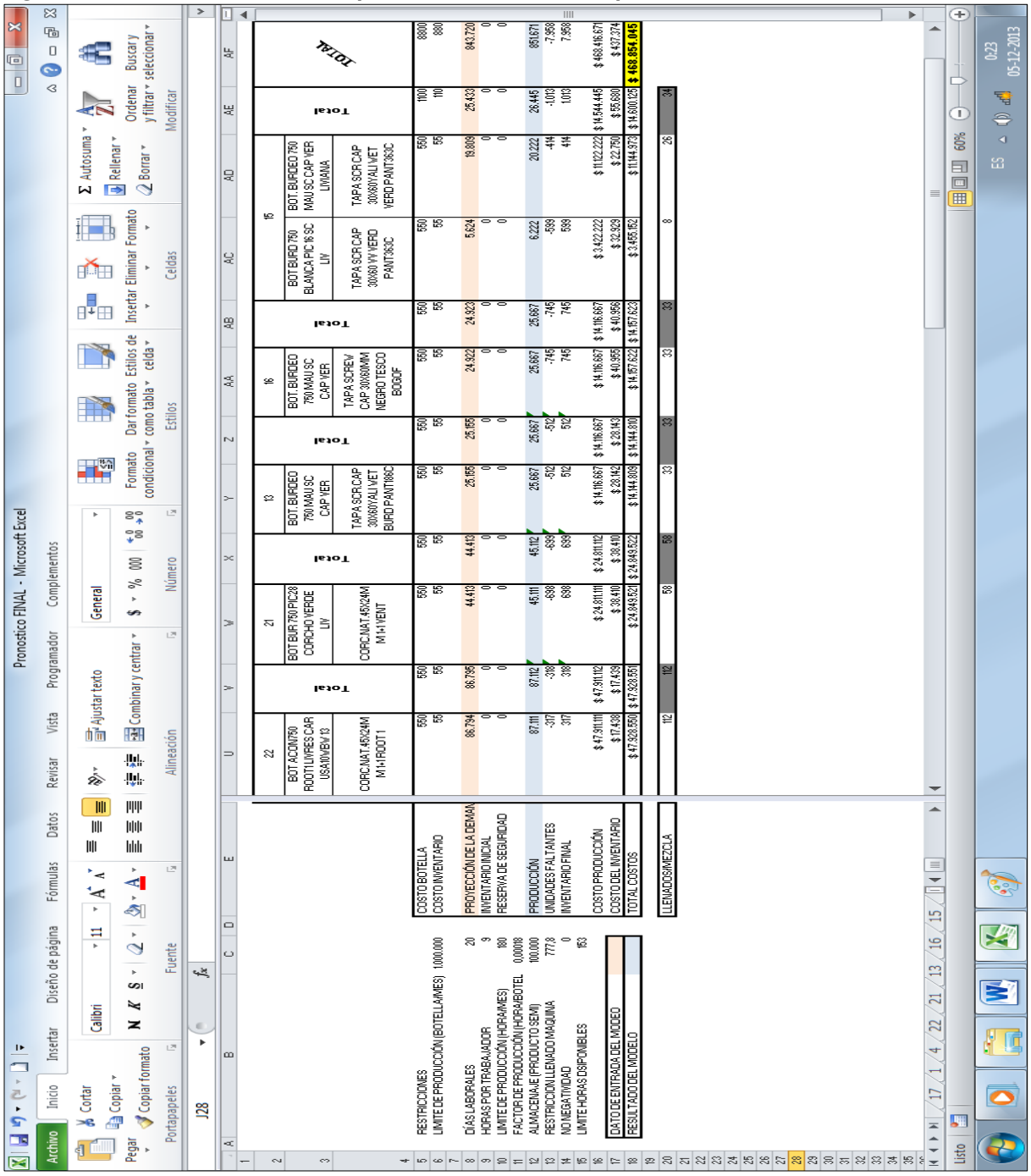
Grafico 16: Contraste entre venta real y pronósticos, mezcla 15 B.



Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).

Anexo N°2: Modelo de planificación de la producción (pantallazo)

Figura 8.2: Pantallazo Modelo de producción Viña Ventisquero.



Fuente: elaboración propia en base a información sobre ventas (2009-2012).