

Modelo De Producción Cervecera Condicionada por Políticas de Abastecimiento

Caminos, Andrés*, Maimbil, Edgar ⁽¹⁾, Romera, Nahuel ⁽²⁾, González, Magali*, Forchino, Verónica*

Facultad Regional Santa Cruz, UTN.

Los Inmigrantes 555, Río Gallegos, CP: 9400. andres.caminos@gmail.com

(1) UADE - Lima 717, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP: 1073

(2) USAL - Marcelo T. de Alvear 1312 Piso 3, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP: 1058

RESUMEN

El presente trabajo se enfocó en realizar un modelo de simulación basado en dinámica de sistemas del proceso de producción y venta de cerveza en envases retornables de una prestigiosa empresa cervecera nacional a fin de utilizarse como una herramienta para la toma de decisiones. Para esto se realizó un análisis global del proceso, tanto de información proveniente de los sistemas de la empresa como así también de las operaciones propiamente dichas, a través de relevamientos de campo. En función de los datos históricos, se analizó la evolución de las ventas. Además se tomaron en cuenta los datos históricos de roturas de botellas dentro de la empresa, como así también de roturas y pérdidas de envases en las devoluciones desde el mercado. Otras de las limitantes son la capacidad de producción y la capacidad de depósitos. Todas estas variables permitieron la construcción de un modelo de simulación dinámica con el cual pueden ser evaluadas alternativas de producción, almacenamiento y disponibilidad de envases para su llenado y posterior almacenamiento. Una vez finalizado el modelo se procedió a la realización de distintos análisis de sensibilidad, que permiten conocer el funcionamiento futuro del proceso en condiciones normales, como así también para casos en que se modifiquen algunas de las variables principales.

Palabras Claves: Dinámica de Sistemas, Simulación, Cerveza, Abastecimiento, Producción, Comercialización, Marketing, Pronósticos

ABSTRACT

This work focused on performing a simulation model based on system dynamics of the process of production and sale of beer in returnable containers of a prestigious national brewer to be used as a tool for decision making. For this process a comprehensive analysis of both the information from enterprise systems as well as the operations themselves, through field survey was conducted. Based on historical data, sales trends were analyzed. Besides the historical data of broken bottles within the company, as well as breakage and loss of packages from the market returns are taken into account. Other limitations are the production capacity and the ability to deposit. All these variables allowed the construction of a dynamic simulation model which can be evaluated alternatives for production, storage and availability of containers for filling and subsequent storage. Once the model is completed, the carrying out of various sensitivity analyzes that provide insight into the future performance of the process under normal conditions, as well as for cases where amendment of some of the main variables.

Keywords: Dynamic Systems, Simulation, Ver, Supply, Production, Trade Off, Marketing, Forecast

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de La Empresa

La compañía en estudio es líder en el sector de bebidas de la República Argentina. Elabora, distribuye y comercializa cervezas, gaseosas, aguas minerales, jugos y bebidas isotónicas. La mano de obra directa está conformada aproximadamente por un poco más de 4.800 empleados. Posee en su estructura central, 9 plantas y 8 centros de distribución en la República Argentina. Además, cuenta con una red de más de 200 distribuidores independientes. Recientemente ha sido adquirida por una gran compañía internacional de cervezas pasando a ser parte de su holding empresario que le otorga mayor respaldo financiero y reconocimiento internacional.

1.2 Mercado, Negocio Y Productos

El mercado de la cerveza en nuestro país es un mercado de unos 19 millones de hectolitros producidos anualmente a valores de 2010 [4]. Se encuentra en una etapa de pleno crecimiento, explicada básicamente por un aumento poblacional y por cambios en los hábitos de los consumidores, como lo es reemplazo de vino de mesa por cerveza. Hoy en día, el mercado de cervezas en la República Argentina se encuentra concentrado básicamente en cuatro empresas: Según un informe de Alimentos Argentinos, organismo dependiente del Ministerio de Agricultura [1], hoy en día el mercado de cervezas de la República Argentina se encuentra concentrado básicamente en cuatro empresas: Cervecería Quilmes, Compañía Industrial Cervecera S.A. (CICSA), Inversora Cervecera S.A. (ICSA) e Isenbeck. En los últimos años la producción artesanal tuvo un gran impulso y comprende hoy más de 1200 cerveceros independientes [4]. La empresa de referencia de nuestro trabajo tiene una participación de mercado entre el 67 y 77% según la cantidad de marcas que se consideren [2].

1.3 Logística de la Distribución

En el caso de una industria cervecera que utiliza envases de vidrio retornables, la logística inversa tiene una magnitud y un impacto económico, que hace que sea uno de sus principales pilares para una correcta optimización de sus costos y una adecuada planificación de su producción. La logística que se aplica en la empresa líder del mercado cervecero en lo que respecta a envases retornables, tiene dos partes relevantes: Retorno del mercado y Compra de envases retornables. Actualmente, la línea de producción debe ser alimentada por cajones con botellas provenientes del mercado así como también con nuevos envases adquiridos por la empresa. La compra de botellas nuevas se realiza debido a tres motivos: Rotura de línea, DS (Devolución-Salida de envases) y Renovación de envases.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo principal del modelo es representar el comportamiento de la operatoria de abastecimiento logístico de los envases retornables, especialmente los de 970 cm³ de capacidad, para la producción cervecera. Sin embargo el modelo se encuentra construido para poder ofrecer información importante con pocos parámetros. La utilización de envases de 970 cm³, constituye el 93% del total de productos envasados por la empresa. Los indicadores principales del modelo fueron:

- Evolución de la disponibilidad de envases influenciada por las pérdidas y roturas en el mercado.
- Evolución del stock de producto terminado en comparación con la demanda.
- Volumen despachado en comparación con la demanda pronosticada y la producción real calculada en base a limitaciones de envases y la capacidad de producción.

Con ésta información, se pueden desarrollar políticas para mejorar la utilización de los envases y realizar una evaluación de los mejores y peores escenarios en función de los parámetros ingresados al modelo.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se utilizó para este trabajo el programa de simulación Vensim Versión Profesional [7] por considerar que la Dinámica de Sistemas permite describir con suficiente precisión el comportamiento de este tipo de sistemas complejos donde tratamos de analizar y predecir comportamientos basados en efectos de causalidad. Otros modelos basados en simulación discreta permiten analizar la situación actual sobre la base de fenómenos de colas de espera, en cambio, la dinámica de sistema utiliza el concepto de sistemas realimentados para poder analizar comportamientos a corto, mediano y largo plazo de las variables de interés en muy corto tiempo de simulación. Antes de comenzar la construcción del modelo se necesitó predecir el comportamiento de las siguientes variables: Demanda de Cajones de Cerveza, Disponibilidad de Envases de Vidrio, Capacidad de Depósito y Producción, entre otras.

3.1 Estimación de la Demanda

Dado que la cerveza es un producto estacional, la empresa nos informó el volumen de ventas en cajones de 12 unidades de los últimos tres años de registros históricos, sobre la cual basamos nuestro análisis. La tabla siguiente informa la venta real para el periodo 2008 a 2011 en cajones de botellas de 12 unidades de 770 cm³ cada una.

Tabla 1. Ventas de Cajones de Cerveza en Docenas de Botellas. Fuente: Información de la Empresa

Mes	2008	2009	2010	2011
Enero	12.232.758	12.194.423	11.783.495	12.116.235
Febrero	10.336.698	10.094.510	9.636.689	9.987.193
Marzo	9.124.127	8.724.509	8.346.439	8.973.927
Abril	8.196.877	7.741.766	7.544.633	8.071.751
Mayo	6.836.658	6.085.015	6.295.609	6.490.990
Junio	5.207.977	5.027.778	4.966.531	5.376.064
Julio	5.399.299	5.746.778	5.799.922	6.334.392
Agosto	5.709.674	5.964.621	6.092.113	7.083.441
Septiembre	7.094.448	7.200.380	7.258.550	8.223.638
Octubre	9.044.962	8.843.106	8.866.711	10.123.924
Noviembre	10.669.470	10.505.468	10.760.837	10.982.353
Diciembre	12.635.353	12.967.205	13.919.511	13.669.012

Con estos datos hicimos un análisis de serie de tiempos a efectos de encontrar una ecuación de regresión que analice la temporalidad y tendencia que se observa en la serie de tiempo. El análisis se realizó con Matlab [9], un producto muy conocido en ingeniería que permite análisis muy complejos. La Estimación de Matlab nos sugirió la siguiente ecuación de regresión:

$$Y=8500000 + 22000*X + 4000000*(1+X*0.001)*\text{COS}(2*3.1416/12*(X+1))$$

Con la variable independiente **X**, el mes a proyectar, comenzando con el valor 1 para el periodo Enero 2008. El valor de la variable dependiente **Y**, representa el volumen de ventas medido en cantidad de cajones de 12 unidades de envases de vidrio.

3.2 Disponibilidad de Envases de Vidrio

Para poder cumplir el plan de producción de la empresa es necesario tener previsión por el abastecimiento de envases de vidrio para su llenado. Los envases necesarios pueden obtenerse por los siguientes medios:

- **Retorno del Mercado.** El proceso de logística inversa recolecta los envases retornables devueltos por los consumidores en instancias de compra de nuevos productos. Pueden encontrarse las siguientes situaciones:
 - **No Acreditables.** Como No Acreditables se consideran a las botellas que vuelven del mercado en condiciones que no pueden ser utilizadas en la línea de producción (con pico roto, con suciedad irremovible, tapadas, etc.). Se estima en 0.5% el total.
 - **Faltantes.** Por Faltante se consideran a las botellas inexistentes (cajón incompleto), piezas extrañas (vino, sidra, botellas no retornables) o degolladas. Para el cálculo de estos indicadores, se realizan diariamente inspecciones aleatorias a los distribuidores donde se revisan las botellas devueltas. Se estima en 0.6% el total.
- **Roturas de Producción.** Las roturas de producción se definen como la diferencia entre la cantidad de botellas vacías introducidas a la línea y la cantidad de botellas llenas salidas de la misma. Para su contabilización, sólo se imputa a Producción la diferencia anterior. Se estima como rotura de producción un 2,5% de la producción, según datos de la empresa.
- **Roturas Logísticas.** Para la rotura Logística deben tenerse en cuenta tanto las botellas vacías como las llenas durante todo el proceso de manipuleo logístico (desde que se descarga del camión, se estiban en playa de vacíos, se alimenta a las líneas, se retira el

producto terminado, se almacena y se carga en los camiones). No se incluyen las pérdidas dentro de la línea. Se estima como rotura logística un 1% del stock en depósitos.

- **Presupuesto para Compra de Envases.** El presupuesto para la compra de envases representa aproximadamente el 4,5% del pronóstico de producción anual, medidos en cajones de envases x 12 unidades.

3.3 Insumos de Envasado. Si bien se tuvo en cuenta en el modelo, en general, este rubro no presenta problemas para el abastecimiento, ya que se presupuesta a principio de año y luego se efectúan los ajustes mensuales necesarios, los cuales están atados a modificaciones en el pronóstico de producción. Por esta razón no se efectuaron en el modelo análisis en base a los mismos. Los principales insumos son: Tapas, Etiquetas, Adhesivos, Limpiadores, etc.

3.4 Capacidad de Depósitos. La capacidad real de depósito propia es: 6.123.728 cajones de 12 unidades. Adicionalmente, en caso de superarse por algún motivo la misma se realizan consignaciones para utilizar el depósito de los distribuidores y también se alquilan depósitos de terceros como ser: Agrocom, Cargo, Andreani, etc. En base a esto, para el modelo se utilizó una capacidad superior a la propia.

3.5 Capacidad de Producción. La empresa nos informó que a finales del año 2011, está en condiciones de procesar 13.2 millones de cajones de cerveza x 12 unidades de vidrio. Se supuso para nuestro análisis que este valor permanece constante para el periodo 2012-2016. Esta será una de nuestras limitaciones para cumplir la demanda.

4. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

4.1. Modelo Causal

El modelo desarrollado incluye las variables que influyen directamente en la compra y utilización de envases retornables para la producción cervecera. Permite además analizar el comportamiento de los indicadores básicos de este proceso productivo como ser la disponibilidad de envases y el stock producido y se podrá observar la evolución temporal de los mismos limitando la capacidad de compra de los envases. Este modelo ha sido dividido (a modo conceptual) en 3 módulos diferentes:

1. Módulo de Necesidad de Compra de Envases
2. Módulo de Disponibilidad de Envases
3. Módulo de Producción y Envasado

El diagrama de causalidad, integrando todos los módulos anteriores se reproduce a continuación.

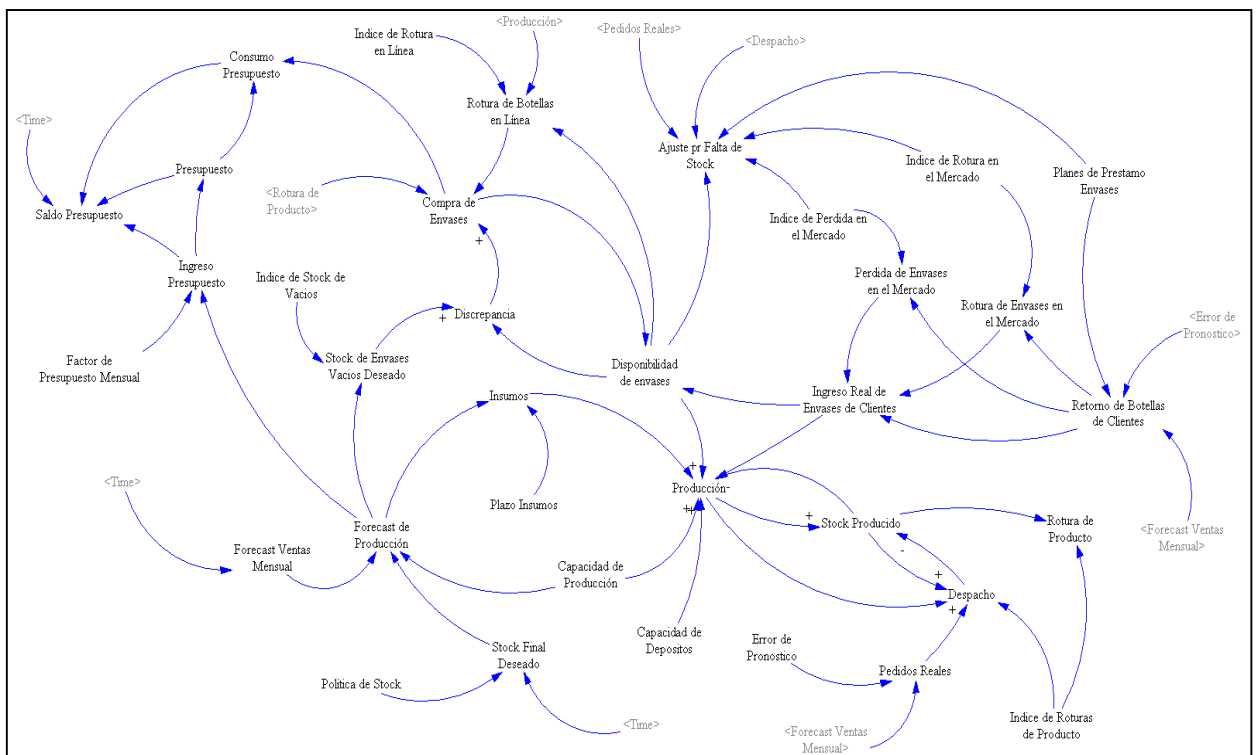


Figura 1. Integración de los Módulos del Diagrama Causal

5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Además, esta integración de los módulos, permite realizar una evaluación completa de la operatoria de los envases en la producción cervecera. La conversión del modelo de causalidad mostrado, en un modelo de simulación basado en flujos usando la Dinámica de Sistemas y especialmente el producto Vensim, se presenta en la siguiente figura.

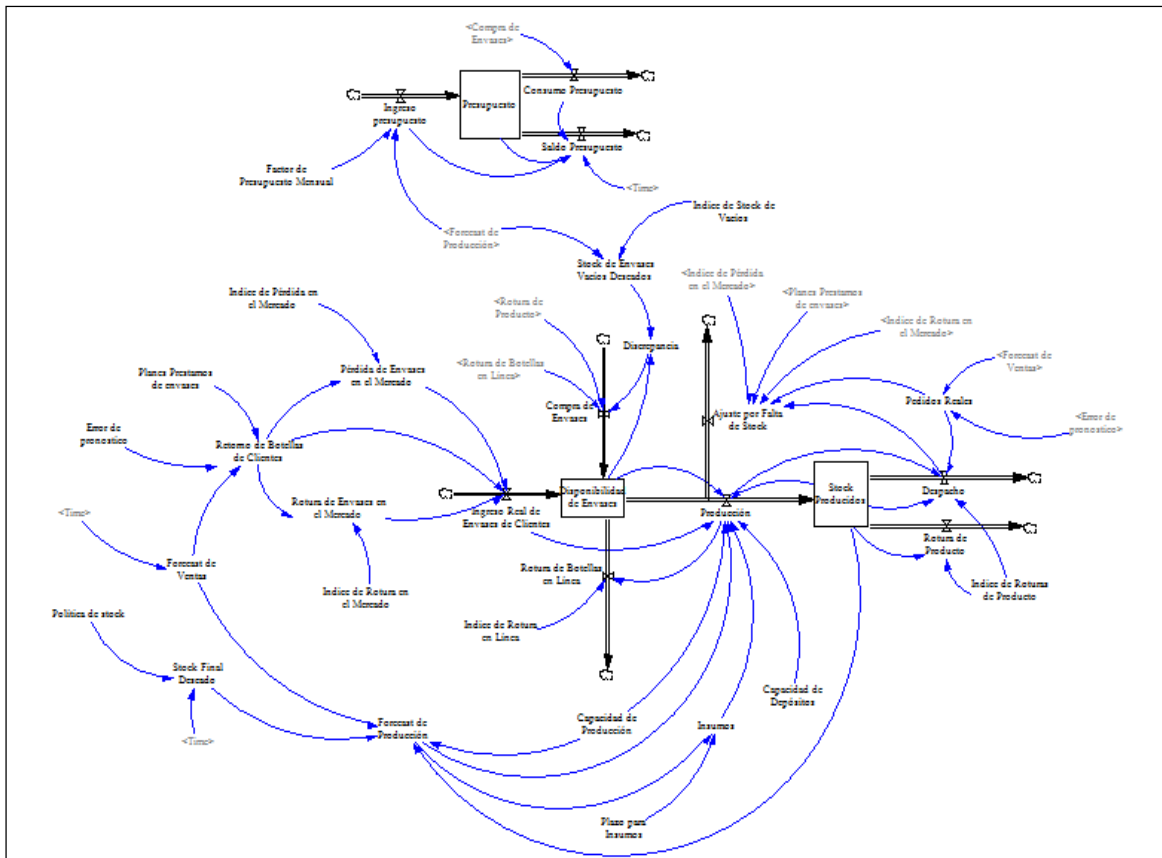


Figura 2. Modelo Final de Simulación

El modelo finaliza en un modelo robusto de simulación con el cual se analizó la situación actual y luego de ajustes se utilizó para predecir el comportamiento de las principales variables (demanda, envases disponibles y producción) en el entorno de corto plazo con horizonte a 4 años vista.

6. VALIDACIÓN DEL MODELO

Nuestra primera comprobación fue el pronóstico de la demanda, calculado en base a la ecuación de regresión obtenida por Matlab versus los datos reales de ventas informados por la empresa para el periodo 2008-2011. En el gráfico siguiente observamos una muy buena aproximación a los datos reales para este periodo.

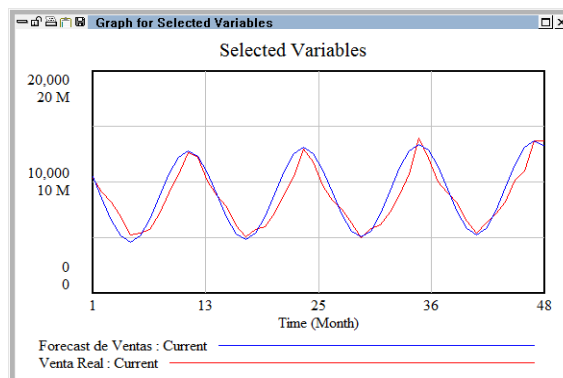


Figura 3. Comparación entre Ventas Reales y Pronosticadas

La segunda comprobación fue verificar si la producción real reproduce el comportamiento de la demanda pronosticada. Aclaramos que la producción real analizó todos los problemas de provisión, compra y disponibilidad de envases, las restricciones de capacidad de producción y la limitación de almacenamiento en depósitos. Nuevamente, la aproximación es muy buena, como se observa en la siguiente figura.

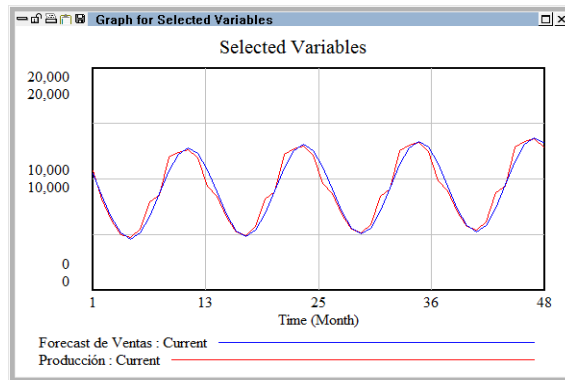


Figura. 4. Comparación entre Producción Real versus Ventas pronosticadas

Estas comparaciones, son las principales que consideramos para asumir que nuestro modelo reproduce la situación actual del problema de producción y envase de cerveza en envases de vidrio y el modelo puede ser utilizado para analizar comportamientos a futuro.

7. EXPERIMENTACIÓN CON EL MODELO

Las principales variables que afectan el plan de producción real que permite el posterior abastecimiento para cumplir el plan de ventas, puede resumirse en el siguiente diagrama causa-efecto:

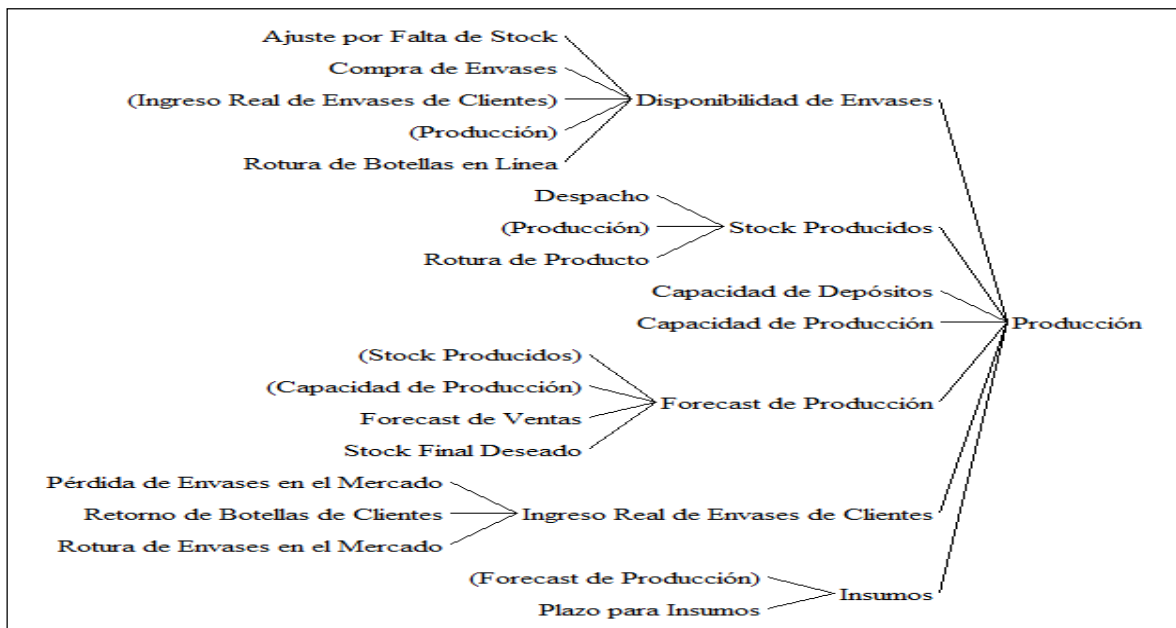


Figura. 5. Causas que Afectan la Producción de Cerveza

Decidimos analizar varios escenarios con el fin de evaluar el comportamiento esperado del sistema y poder tomar ciertas decisiones de importancia sobre la producción y abastecimiento tanto de envases como de productos terminados. El objetivo principal de estos análisis de escenarios fue conocer el funcionamiento normal del proceso de producción y venta para el período 2012 – 2016, como así también definir si existe la necesidad de modificar alguna de las políticas fijadas por la compañía para poder cumplir con el normal abastecimiento de los clientes.

7.1 Escenario 1. Período 2012 – 2016

En este caso se utilizaron para todas las variables las condiciones normales, es decir, que se mantuvieron los factores que se obtuvieron a partir de los datos históricos. Asumiendo que no tenemos errores de pronóstico (**Pronóstico de Ventas = Pedidos de Clientes**). Con las premisas de la situación normal no se presentaron grandes diferencias entre el Pronóstico de Ventas, los Pedidos de Clientes y el Despacho a Clientes para el período de análisis, salvo para los meses de Enero 2015 y Diciembre 2016, donde debido a una disminución del stock de producto terminado, no se podrá cumplir con el total de los de pedidos de los clientes, a menos que la empresa implemente un plan de inversiones en capacidad de producción o anticipe producción en periodos de baja demanda. Este resultado se muestra en la siguiente figura.

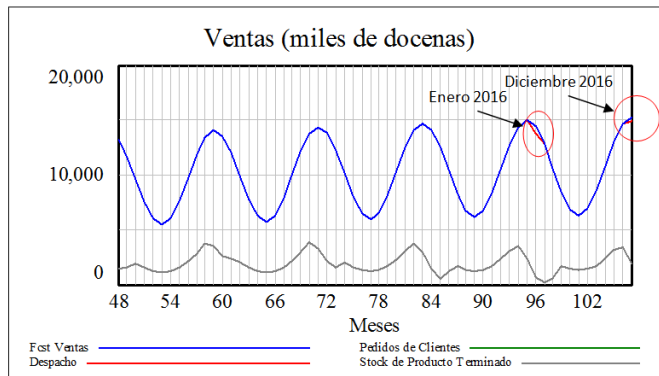


Figura. 6. Comparación de Ventas, Pedidos y Despachos 2011-2015

De acuerdo al análisis del modelo, en Enero de 2015, no se podrían abastecer 732.000 cajones x 12 unidades (87.840 hectolitros) y en Diciembre 2016, no se podría abastecer 330,500 cajones x 12 unidades (39.660 hectolitros). Recientemente, en Junio 2014, la empresa anuncio al gobierno un plan de expansión de capacidad para el periodo 2014-2016 [14], lo que le permitiría cumplir con el abastecimiento de mercado. En este caso estimamos que la capacidad debería incrementarse a 15 millones de cajones x 12 botellas mensuales. Este incremento de capacidad debería ser suficiente hasta el verano de 2017, donde comenzará a notarse nuevamente la falta de abastecimiento al mercado.

7.2 Escenario 2. Periodo 2012-2016

Asumimos en esta instancia que existe un error promedio de pronóstico de $\pm 2.5\%$, esto es, los pedidos de clientes pueden superar el pronóstico de ventas debido a mejores campañas de marketing, mayor temperatura en verano, aumento de población, mercado externo en aumento o mejor aceptación del público como reemplazo de otras bebidas, indicando que **Pedidos de Clientes = Pronóstico de Ventas * 1.025**. En las figuras siguientes analizamos los pedidos reales recibidos versus el abastecimiento y observamos que de producirse esta situación, a partir de 2012 ya comienzan a presentarse faltantes de abastecimiento, siendo la principal limitante, la capacidad de producción. También observamos que de no incrementarse la capacidad de producción de cajones, todos los veranos desde 2012 a 2020 irá creciendo la cantidad de demanda no satisfecha de cerveza en envases de litro.

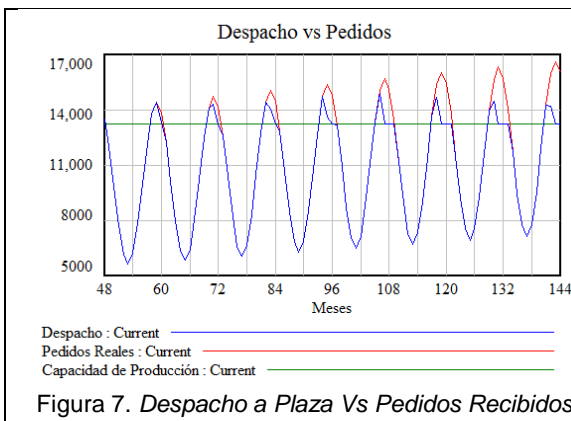


Figura 7. Despacho a Plaza Vs Pedidos Recibidos

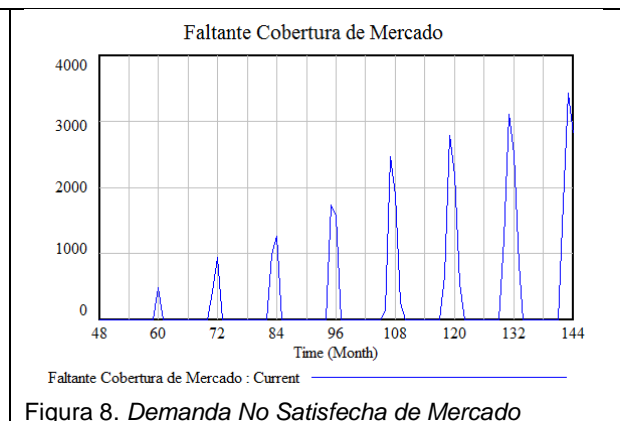


Figura 8. Demanda No Satisfecha de Mercado

¿Qué debería hacer la empresa? Dado que nuestro trabajo fue realizado en 2012, sugerimos que se incrementara la capacidad de producción en 1 millón de cajones x 12 unidades en los años 2012 y 2013. De esta manera podría manejar el incremento de demanda, calculada en nuestro caso como error de pronóstico. Las siguientes figuras muestran la evolución de abastecimiento de mercado entre 2012 y 2020, con el incremento de capacidad de producción. Vemos en el Figura 10 que recién en el verano de 2020, podría presentarse nuevamente un problema de abastecimiento. Asumir un error de pronóstico superior a $\pm 2.5\%$, sumado a un incremento del pronóstico de ventas de 1.7% sería un escenario muy optimista, en el cual la empresa deberá replantear su política de expansión si no quiere perder participación de mercado al menos en esta línea de productos, el envase de litro de cerveza en sus distintas variedades de presentación.

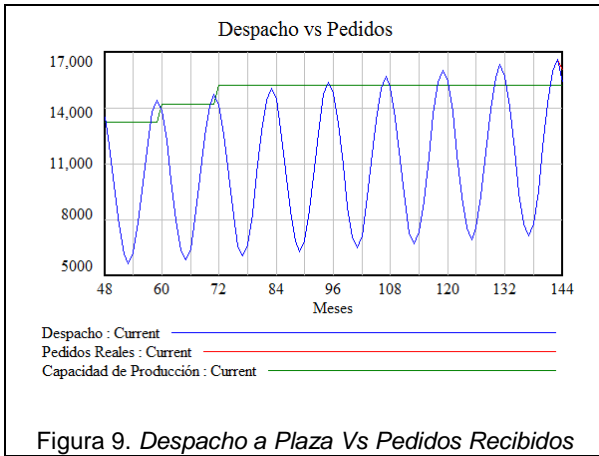


Figura 9. Despacho a Plaza Vs Pedidos Recibidos

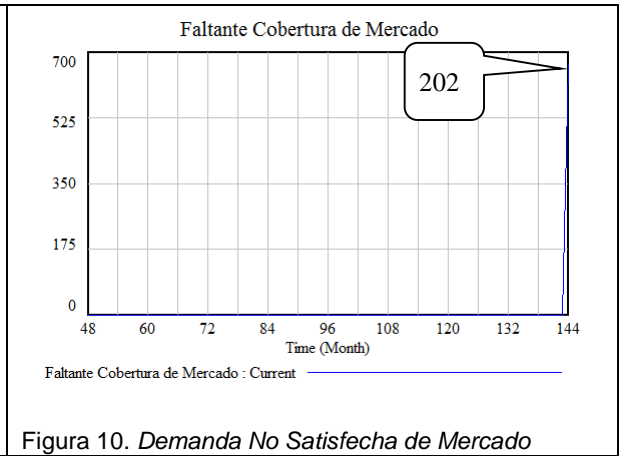


Figura 10. Demanda No Satisfecha de Mercado

Para esta situación propuesta, calculamos los siguientes indicadores que se resumen en la siguiente figura, donde también podemos observar que el retorno de botellas del mercado se acompaña con un aumento en el presupuesto destinado a compra de envases. Las compras de envases vacíos generalmente se realizan en los meses de agosto y septiembre para tenerlas disponibles en octubre.

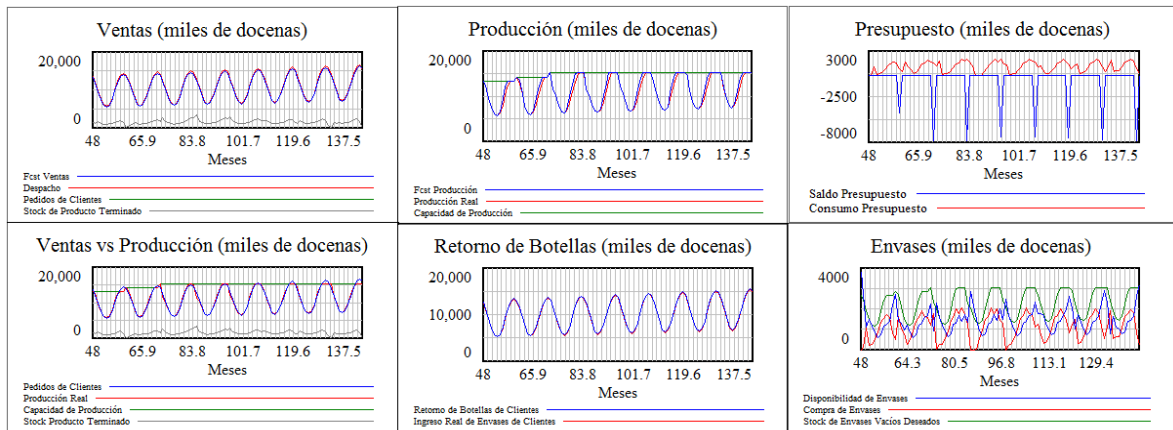


Figura 11. Principales gráficos de control del sistema de producción de cerveza

Es posible analizar muchos otros escenarios, es más lo hemos hecho pero no podemos incluir a todos ellos en este trabajo.

La ventaja del modelo construido es que podemos cambiar varios parámetros simultáneamente y observar los efectos esperados sobre la producción, los envases, las entregas o despachos, etc. Para ello hemos agregado un conjunto de deslizadores para “probar” diferentes combinaciones con el esquema “**que pasa si**” y tener respuestas inmediatas del comportamiento esperado del sistema. Mostramos estos deslizadores en la siguiente figura.

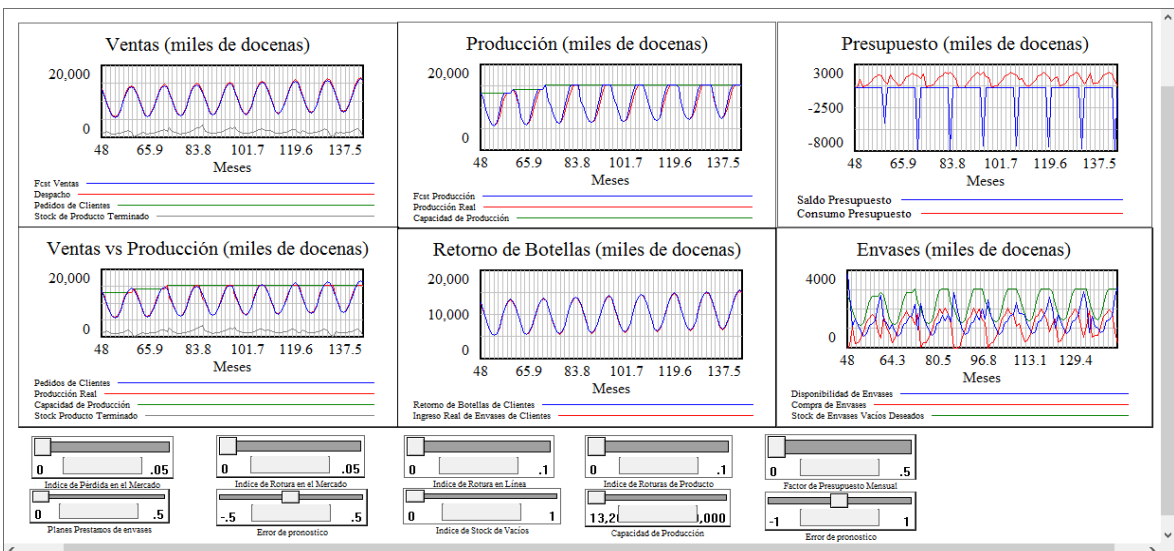


Figura 12. Tablero de Control del Sistema de Producción de Cerveza

En nuestro modelo hemos asumido que la demanda, siguiendo la tendencia de los datos históricos, aumentará naturalmente un promedio de 1.7% anual, cuando la demanda para todo el sector aumenta aproximadamente 3% anual. Si nuestra empresa analizada tiene una participación de mercado en todas sus marcas de aproximadamente 77% y en aumento, es de esperar que la demanda aumente aproximadamente 2.40% anual, bastante por encima de nuestros pronósticos. También puede suceder que el consumo per cápita (50 litros por persona estimado para 2012) disminuya pero la tendencia es que esto es poco probable que suceda como ha venido sucediendo en los últimos 20 años.

8. CONCLUSIONES

La operatoria de los envases en la producción cervecera puede ser correctamente modelada mediante la utilización de las herramientas que ofrece la Dinámica de Sistemas, la cual nos permite abordar el análisis de sistemas complejos con relativa sencillez, con el valor agregado de poder ensayar variadas acciones tendientes a resolver los problemas que motivan la creación de modelos computacionales.

Bajo esta modalidad, no se pretende obtener resultados predictivos del comportamiento futuro con absoluta exactitud. La aplicación de la Dinámica de Sistemas para el análisis del caso de estudio se basó en identificar las variables principales que componen al modelo e identificar y comprender las relaciones que interactúan entre ellas, con el fin de implementar políticas de gestión eficientes evidenciando sus impactos a corto, mediano y largo plazo.

En el caso de la empresa analizada permitió determinar que es necesario expandir la capacidad de producción según la demanda pronosticada para los el periodo 2012-2015, por cuanto de no hacerlo, presentará problemas para abastecer especialmente en periodos de verano de años 2015 y 2016. El problema se complica aún más para el periodo 2017 a 2020, en el cual de mantenerse el crecimiento de la demanda, hará que la empresa deba aumentar en más de 30% la capacidad de producción y la política de abastecimiento de envases.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/Informes/Cerveza_01_2010_09Sep.pdf
- [2] <http://www.adlatina.com.ar/publicidad/el-mercado-de-las-cervezas-en-argentina>
- [3] Revista Target Nro. 28 (Suplemento de Revista Apertura de Argentina)
- [4] <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/Informes/>
- [5] <http://www.camaracervecera.com.ar/index.php>
- [6] <http://www.sitioandino.com/nota/24531-argentina-cervecera-el-consumo-habria-sido-record-en-2011/>
- [7] <http://www.vensim.com/>
- [8] <http://www.indec.gov.ar>
- [9] <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
- [10] García, Juan Martín. (2006). *"Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas"*, 2da edición, Impreso en Barcelona España.
- [11] García, Juan Martín. (2008). *"Ejercicios avanzados de Dinámica de Sistemas"*, 1ra edición, Impreso en Barcelona España.
- [12] Uldall, Alison Canosa. (1995). *"Dinámica Aplicada"*, Primera edición, Graficas Marte, S.A. (Madrid).
- [13] Aracil, Javier; Gordillo, Francisco. (1997). *"Dinámica de sistemas"*, Segunda edición, Alianza Editorial, S. A. Madrid.
- [14] <http://www.cerveceriaymalteriaquilmes.com/>