



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES
UNIVERSIDAD PRIVADA

TESIS DE GRADO
EN INGENIERIA INDUSTRIAL

MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA
EVOLUCIÓN DE UN MERCADO DE LIBRE
COMPETENCIA

Autor: VICENTE, Eduardo Ignacio

Director de Tesis: Ing. CIAPANNA, Pablo

2005

RESUMEN EJECUTIVO

Día a día, la competencia en el mundo de los Negocios se torna más dura tanto en mercados monopólicos como atomizados. En un entorno de tan ardua competencia donde cualquier pequeña ventaja adicional cuenta, y donde una mala estrategia muchas veces no tiene segunda oportunidad, resulta fundamental sino vital tener un profundo conocimiento de las variables involucradas y lograr una noción de efectos que cambios sobre éstas pueden generar en el mercado. Justamente el objeto del presente trabajo es demostrar que la simulación es una herramienta a tener en cuenta a la hora de realizar un planeamiento estratégico.

El proyecto busca representar la competencia entre tres empresas que compiten en un mismo mercado con un grado de fidelidad tal que el comportamiento de las mismas se asemeje a la realidad. Esta coherencia del comportamiento con la realidad es lo que da validez a los resultados del modelo. La validez de los resultados es la que permite evaluar escenarios, plantear y simular el resultado de diversas estrategias. Es tan alta la complejidad de las interacciones (muchas no lineales y desfasadas en el tiempo) que llevaría muchísimo tiempo evaluar el comportamiento del modelo si no fuese simulado con un software.

La simulación es un área de la investigación aplicada en pleno crecimiento, cuyo potencial se ve incrementado con el avance de la informática y la aparición de numerosos software de simulación cada vez más potentes y menos costosos. Este gran potencial radica en la posibilidad de modelizar un sistema con tanta complejidad como se desee, y que luego el software se encargue de calcular su evolución para su posterior análisis. De todas maneras, como toda herramienta, el software de simulación no es más que eso. De ninguna manera reemplaza a la mente humana, sino que permite que el hombre se focalice en las tareas de mayor valor agregado como son percibir y modelizar un sistema real, y luego analizar su evolución para extraer conclusiones. El software se encarga de la tarea que históricamente llevaba más tiempo y agregaba menos valor, calcular la evolución del sistema.

La metodología para el desarrollo del proyecto es la siguiente:

1. Modelo conceptual: establecer los límites del problema, las simplificaciones necesarias, las suposiciones a efectuar, describir los procesos existentes, los flujos, las variables, los parámetros, sus relaciones y la estructura del modelo.
2. Modelo de datos: determinar las variables, parámetros y constantes del modelo.
3. Modelo operacional: diseñar el diagrama de flujo del sistema, teniendo en cuenta las definiciones hechas en el modelo conceptual.
4. Codificación: introducir el diagrama de flujos y el modelo de datos en un software de simulación. En este caso se empleará el Powersim.

RESUMEN EJECUTIVO

Autor: Eduardo Vicente

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

5. Experimentación: plantear diversos escenarios y analizar la evolución del sistema.
6. Conclusiones: interrelacionar los principales puntos analizados en la experimentación, extraer conclusiones y plantear futuras líneas de trabajo.

En la experimentación se analizó la evolución de las empresas haciendo variar sus Estrategias de Inversión, sus Estilos de Gestión y los parámetros de Conducta del Cliente. Luego, para cada variación se evaluó el comportamiento de las empresas ante distintos shock de demanda. Por Estrategias de Inversión se entiende a cómo están distribuidas las inversiones de una empresa entre Marketing e Investigación y Desarrollo, por Estilos de Gestión a cómo reaccionan los gerentes ante distintas situaciones, y finalmente por Conducta del Cliente a la forma que éste percibe la publicidad y calidad de un producto y cómo reacciona luego de su experiencia con un producto.

Los resultados arrojados por el modelo para cada escenario fueron muy variados, no detectándose una estrategia con éxito predominante en ninguno de ellos. Cada escenario presentó una dinámica interna propia, incrementando la dificultad del análisis de los mismos. Además, para cada escenario, la dinámica interna que gobernó su evolución fue cambiando a lo largo del tiempo de simulación, quedando aún más en evidencia la alta complejidad del modelo.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	7
2. MODELO CONCEPTUAL.....	9
3. MODELO DE DATOS	13
4. MODELO OPERACIONAL.....	15
5. CODIFICACIÓN.....	39
6. EXPERIMENTACIÓN	41
7. CONCLUSION.....	66
8. ANEXOS	67
9. BIBLIOGRAFÍA	67

1. INTRODUCCIÓN

Toda empresa, cuando nace, define una misión, una razón de ser. Al definir la misión, una empresa sabe hacia donde quiere llegar, qué quiere ser, lo más difícil es determinar cómo llegar a serlo. Para ello se establece minuciosamente un plan estratégico, el cual resulta crítico ya que gran parte del éxito de una empresa depende un correcto planteo del mismo. Para disminuir el margen de error hay una gran cantidad de herramientas, donde una de ellas es la simulación. Justamente el objetivo de este trabajo es demostrar la gran riqueza y enorme potencial que posee la simulación como herramienta de soporte para realizar un correcto planeamiento estratégico.

Otro punto interesante que intenta demostrar el presente trabajo es la gran utilidad de la simulación no sólo para validar un plan estratégico propio, sino para determinar la mejor acción a tomar según las posibles estrategias de la competencia. De esta forma uno puede anticiparse a la misma sacando ventaja sobre efectos de mercado futuros que a la competencia le es difícil anticipar.

La simulación es un área de la investigación aplicada en pleno crecimiento, cuyo potencial se ve incrementado con el avance de la informática y la aparición de numerosos software de simulación cada vez más potentes y menos costosos. Este gran potencial radica en la posibilidad de modelizar un sistema con tanta complejidad como se desee, y que luego el software se encargue de calcular su evolución para su posterior análisis. De todas maneras, como toda herramienta, el software de simulación no es más que eso. De ninguna manera reemplaza a la mente humana, sino que permite que el hombre se focalice en las tareas de mayor valor agregado como son percibir y modelizar un sistema real, y luego analizar su evolución para extraer conclusiones. El software se encarga de la tarea que históricamente llevaba más tiempo y agregaba menos valor, calcular la evolución del sistema.

La metodología para el desarrollo del proyecto es la siguiente:

1. Modelo conceptual: establecer los límites del problema, las simplificaciones necesarias, las suposiciones a efectuar, describir los procesos existentes, los flujos, las variables, los parámetros, sus relaciones y la estructura del modelo.
2. Modelo de datos: determinar las variables, parámetros y constantes del modelo.
3. Modelo operacional: diseñar el diagrama de flujo del sistema, teniendo en cuenta las definiciones hechas en el modelo conceptual.
4. Codificación: introducir el diagrama de flujos y el modelo de datos en un software de simulación. En este caso se empleará el Powersim.
5. Experimentación: plantear diversos escenarios y analizar la evolución del sistema.

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

6. Conclusiones: interrelacionar los principales puntos analizados en la experimentación, extraer conclusiones y plantear futuras líneas de trabajo.

2. MODELO CONCEPTUAL

2.1. Propósito

El propósito del modelo es demostrar la gran complejidad que existe en el sistema empresarial, tanto dentro de la estructura de cada empresa, como en las interacciones entre las mismas. Estas interacciones son modelizadas y simuladas en el modelo, describiendo así la evolución de las empresas en forma coherente a una evolución real. El modelo tiene un alto grado de parametrización y customización, lo cual permite, realizando los ajustes necesarios, adaptarlo a las características que puedan observarse en algún mercado real sujeto a estudio. De esta manera podría ser utilizado como una herramienta de planeamiento estratégico para validar o refutar el éxito de distintas estrategias en diversos escenarios propuestos.

2.2. Objetivos

El objetivo general es encontrar a través de la simulación, para cada una de los escenarios propuestos, la mejor estrategia. Por estrategia se entiende a la distribución de los fondos de inversión entre Marketing e I+D (Investigación y Desarrollo) a lo largo del tiempo.

Derivados de este objetivo general, planteamos los siguientes objetivos más específicos:

1. Determinar para distintos perfiles de clientes los lazos de realimentación que más incidencia tienen en los resultados.
2. Demostrar la importancia de una rápida percepción y óptima previsión de la demanda, acompañada de un plan de producción que permita absorber variaciones futuras.
3. Demostrar la importancia de lograr un entendimiento de la dinámica de fondo que gobierna un mercado, y así poder anticiparse a los efectos futuros de las inversiones actuales, tanto de la empresa propia como la competencia. Alinear esta anticipación con un plan estratégico acorde para lograr un mejor posicionamiento.

2.3. Consideraciones sobre el Mercado

- El Mercado está compuesto por 3 empresas las cuales tienen exactamente las mismas condiciones iniciales (Disponibilidades, Market Share, Stock, etc...).
- La unidad mínima de tiempo considerada es el mes.

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

- La Demanda es una variable exógena (no controlable) e independiente del precio, y puede quedar demanda insatisfecha en el caso que no pueda ser abastecida.
- El sistema de producción es Pull, no hay Stock de Producción Terminada, cada empresa percibe una demanda mensual, y produce ese mes en función de su Mano de Obra y Stock de Materia Prima.
- La Planta puede ser expandida modularmente, cada módulo puede alojar como máximo 10 Empleados.
- La producción es artesanal, depende exclusivamente de la cantidad de Empleados y Stock de materia prima disponible.
- Las empresas pueden realizar previsiones pero no ahorrar, todas las disponibilidades del mes que no son Previsiones o Gastos del Mes se invierten en Marketing o I+D.
- Las empresas no pueden contratar / despedir Empleados o expandir / reducir la Planta en forma directa, sino que pueden elegir un Estilo de Gestión el cual establece una serie de condiciones a cumplir para realizar dichas acciones.
- Las empresas no pueden pedir prestado dinero, todas las acciones se realizan con las disponibilidades del momento.

2.4. Dinámica del Mercado: Proceso de Competencia entre Empresas

Para comprender mejor la Dinámica del Mercado se recomienda visualizar primero el Diagrama Causal Global del Modelo (Figura 2.1) y luego proseguir con la lectura de la explicación de los pasos operacionales. De esta manera se logra una mejor interpretación de la importancia de cada paso en el modelo.

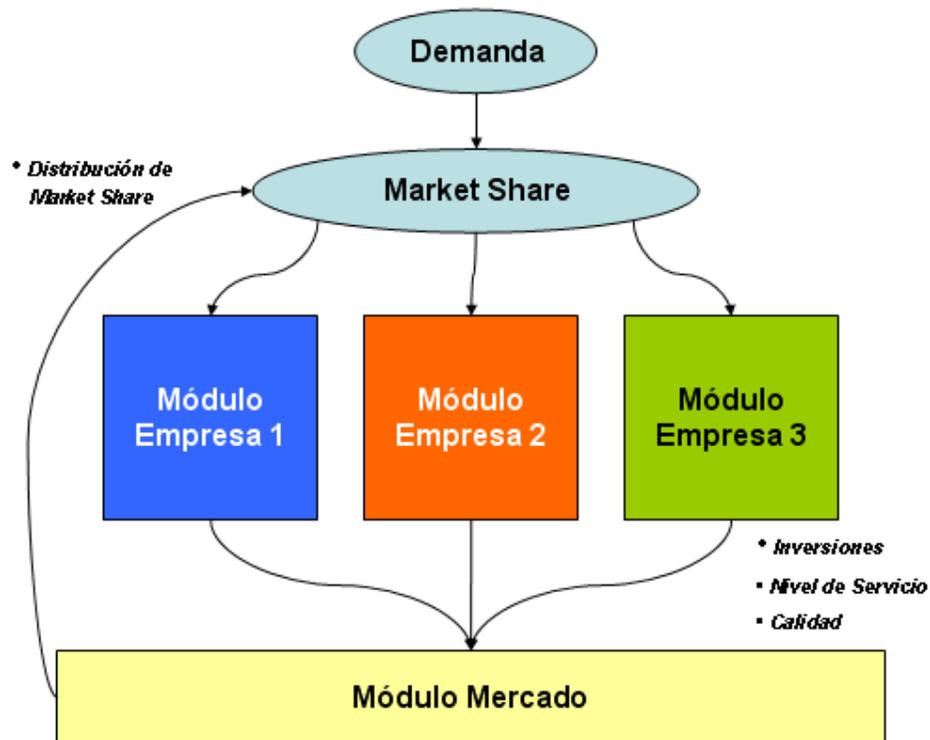


Figura 2.1. Diagrama Causal Global del Modelo

Lógica del Modelo Operacional del Mercado

1. Comienza el mes y se determina exógenamente la demanda total del mismo. El valor de la demanda total del mercado no es alterado por las ventas de los períodos anteriores.
2. Al comienzo de cada mes, cada empresa posee un Market Share, el cual es función de los resultados operativos previos. La demanda mensual es distribuida entre las empresas según la participación en el mercado de cada una.
3. No hay stock de Producto Terminado, pero sí stock de Materia Prima. Las unidades son producidas y entregadas en el mismo mes en que son demandadas. En función de la Demanda, el stock de Materia Prima y la Capacidad Productiva de cada empresa se determina la Producción total del mes, y, por ende, las Ventas del mes.
4. Como resultado de los Ingresos por Ventas y de los Costos Operativos se determinan las nuevas Disponibilidades para Inversiones.

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

5. En función de los requerimientos de MOD (contrataciones / despidos) y de Planta (expansión / recesión), se determinan las disponibilidades para Inversiones en Marketing e I+D.
6. Según las disponibilidades y la estrategia de inversión de cada empresa, resultan las Inversiones en Marketing e I+D de cada empresa y total del mercado.
7. Como resultado de las Inversiones, Nivel de Servicio y Calidad de los productos de cada empresa del último período e históricos se calcula la nueva participación en el mercado (Market Share) de cada empresa.

2.5. Variables y parámetros

- La Variable de Entrada es la Demanda, la cual está a su vez compuesta por una función aleatoria normal, una lineal, una función escalón y una senoidal. La demanda es una variable exógena no influenciada por los resultados operativos.
- Los Parámetros del modelo se pueden segmentar en cuatro grupos:
 - De Comportamiento del Cliente: son los parámetros que gobiernan la conducta de los clientes, determinando qué tan sensibles con a la publicidad, la comunicación de sus experiencias a pares, la fidelidad a las marcas, la valorización de la calidad, la susceptibilidad a los defectos, etc.
 - De Tipo de Proceso: estos parámetros determinan las cualidades del proceso productivo, como por ejemplo cuál es el Error Mínimo inherente en el proceso, cuánta investigación es necesaria para disminuir el Error, si es un proceso de precisión donde la fatiga influye mucho, cuán costoso es mantener el proceso bajo control, etc.
 - Estilo de Gestión: se trata de aquellos parámetros que condicionan el comportamiento de los gerentes (y por ende de las empresas) bajo distintas situaciones. Por comportamiento se entiende a cómo perciben los gerentes los cambios de demanda, cuánto Stock de Seguridad creen necesario, bajo qué situaciones contratan o despiden personal, expanden o reducen la planta, etc.
 - Estrategias de Inversión: son los parámetros que determinan los destinos de los fondos para inversión, es decir, cuánto se invierte en Marketing, cuánto en I+D y cuánto es destinado a dividendos para los accionistas.
- Las Variables de Salida del modelo son:
 - Market Share
 - Dividendos Acumulados

3. MODELO DE DATOS

Los datos del modelo fueron definidos unificando tres fuentes de conocimiento:

- El libro *Buisness Dynamics* de John Sterman (ver Bibliografía).
- El conocimiento general sobre Empresas y Mercado brindado por la carrera Ingeniería Industrial en el ITBA.
- El conocimiento adquirido en las materias Simulación y Dinámica de Sistemas en el ITBA.

Los datos del modelo se presentan en la siguiente tabla (Tabla 3.1):

Condiciones Iniciales	Valor	Unidades
Disponibilidades	15000	\$
Stock	10000	unidades
Planta	5	módulos
Empleados	30	empleados
Acuerdo Anual de Abastecimiento	1000	unidades / mes
Productividad Empleado	0,5	unidades / hora
Nivel de Error	0,05	u. defectuosas / u. producidas
Demanda Mensual Global	10000	unidades / mes
Factores Económicos	Valor	Unidades
Precio de Venta	55	\$ / unidad
Costo Hora Hombre	0,5	\$ / hora
Factor Precio Hora Extra	1,5	\$/h.extra / \$/hora
Costo Reclutamiento	100	\$ / Empleado
Costo Indemnización	240	\$ / Empleado
Costo Unitario Materia Prima	2	\$ / unidad
Costo Mantenimiento Planta	100	\$ / módulo
Costo Construcción Planta	1000	\$ / módulo
Ingresos por Reducción de Planta	500	\$ / módulo

Tabla 3.1. Modelo de Datos

4. MODELO OPERACIONAL

El modelo operacional del sistema codificado se puede observar en el CD adosado al informe bajo el nombre **EVICENTE.SIM**.

El modelo está compuesto por módulos que a la vez poseen sub-módulos. Por módulo se define a un conjunto de variables que, dados los valores de las variables de entrada, por medio de una dinámica interna, quedan determinadas las variables de salida. Es decir, cada módulo debe poseer una dinámica interna propia para existir como tal.

Son cuatro los módulos que componen la totalidad del modelo, que a su vez están compuestos por sub-módulos. Estos cuatro módulos principales son:

- Módulo Empresa 1
- Módulo Empresa 2
- Módulo Empresa 3
- Módulo Mercado

Las interacciones entre estos cuatro módulos principales se pueden observar en el gráfico a continuación:

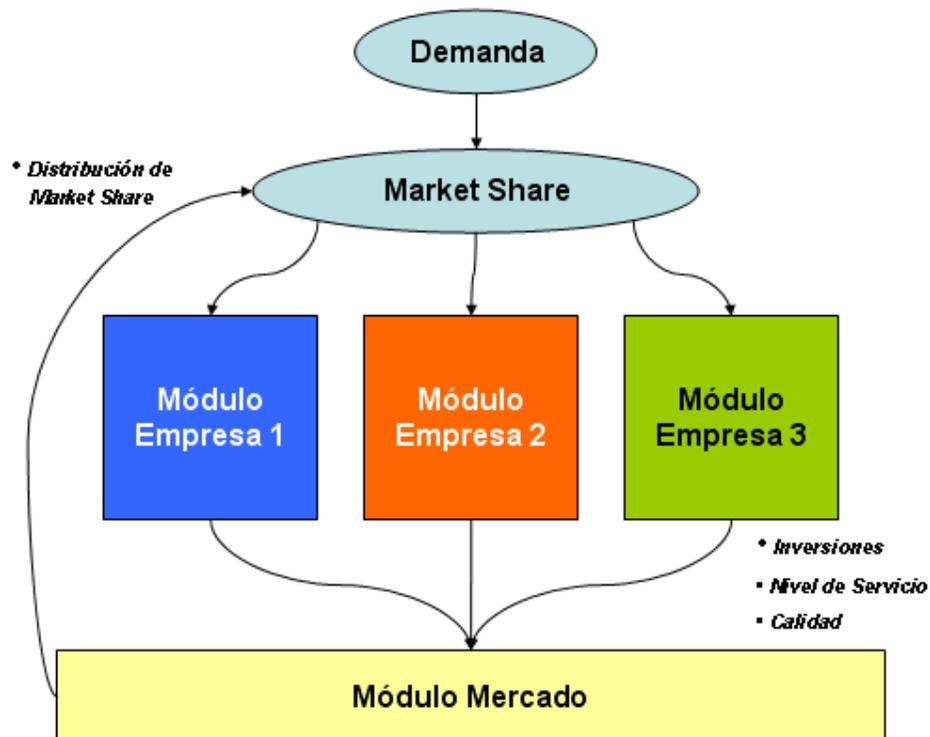


Figura 4.1. Diagrama Causal Global del Modelo

4.1. Premisa de Dinámica de Sistemas

Gran parte de los análisis realizados en el presente trabajo se fundamentan en la Dinámica de Sistemas. Uno de los pilares de esta disciplina son los Diagramas de Causalidad, a los cuales se recurrirá frecuentemente en el trabajo ya que son de suma utilidad como soporte para explicar el comportamiento de un sistema. El objetivo de los mismos es mostrar el tipo de relación de causalidad entre dos variables. Por tipo de relación se entiende a signo de la correlación entre ambas y espacio temporal entre la causa y el efecto. Para que resulte más clara la explicación, a continuación se presenta el siguiente ejemplo (gráfico 4.1):



Gráfico 4.1. Ejemplo de Diagrama Causal

El signo negativo entre el Precio y la Demanda indican una correlación negativa, es decir, a mayor Precio menor Demanda. Las correlaciones negativas son ocasionalmente resaltadas con color rojo. Por otro lado, la línea punteada entre la Calidad y el Precio representa un delay de efecto, es decir, un incremento en la Calidad del Producto luego de un cierto intervalo de tiempo se reflejará en un aumento del Precio del mismo.

Otro punto importante para comprender el trabajo es saber diferenciar los tipos de lazos de realimentación. Básicamente hay dos tipos de lazos: aquellos de realimentación positiva (Reinforcing loops), y aquellos de realimentación negativa (Balancing loop). Los Reinforcing loops son aquellos que tienden a hacer crecer las variables del sistema indefinidamente, donde el crecimiento de una variable origina el crecimiento de otra que a su vez hace que la primera crezca nuevamente. Por ejemplo, un aumento en las ventas origina un aumento en los ingresos, que a su vez causan un aumento de las inversiones en publicidad, lo cual tiende a incrementar nuevamente las ventas. Por otro lado, los Balancing loops tienden a estabilizar el sistema, a limitar el crecimiento de las variables del mismo. Ocurren cuando el crecimiento de una variable origina el crecimiento de otra, pero el crecimiento de esta última causa un decrecimiento de la primera. Un ejemplo muy común de este tipo de lazo es la relación precio-demanda. Un aumento de la demanda origina un aumento en el precio, pero este aumento en el precio hace que la demanda disminuya, obligando a los productores a disminuir el precio.

4.2. Módulo Empresa

Como fue explicado previamente, cada empresa es un módulo cuya entrada es la Demanda y en base a una dinámica interna de la empresa se determinan las tres variables de salida: Inversiones, Nivel de Servicio y Calidad.

A su vez, cada módulo empresa está compuesto por siete sub-módulos, los cuales interactúan entre sí para determinar las tres variables de salida. Para comprender la dinámica de cada Módulo Empresa, se presentará primero un diagrama causal global del Módulo Empresa donde se representa la interacción entre los siete módulos, y luego un diagrama causal específico de cada sub-módulo, donde se explica la dinámica interna de cada uno.

4.2.1. Diagrama Causal Global Módulo Empresa

Los siete sub-módulos que componen cada empresa son los siguientes:

- Disponibilidades
- Stocks MP
- Producción
- MOD
- Planta
- Procesos
- Inversiones

Para explicar las interacciones entre módulos se segmentarán los diagramas causales en dos planos, un plano de producción y un plano de dinero, es decir, un plano donde el flujo de información entre sub-módulos está relacionado con información sobre producción y otro con flujo de dinero.

A continuación se presenta el primer diagrama causal de la Empresa, cuyo plano de información es la producción:

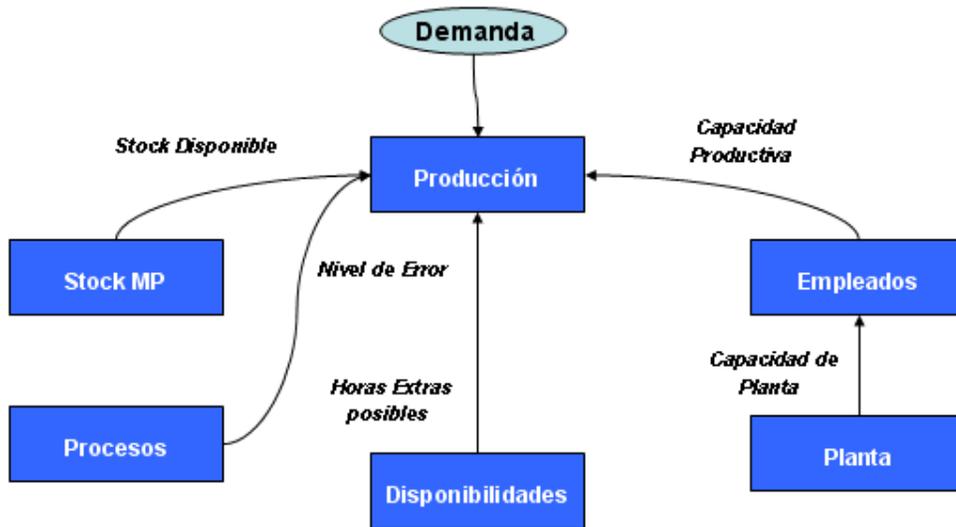


Gráfico 4.2. Diagrama Causal Empresa plano Producción

Analizando detenidamente el diagrama 4.2, se observa que el módulo Producción, para determinar la producción final, recibe información de cinco fuentes distintas: 4 submódulos y la Demanda.

La Demanda determina la Producción Bruta Requerida, la cual es igual a la Producción Final Neta en el caso que la empresa pueda abastecerla por completo. Son tres los factores que determinan el Nivel de Servicio ($\text{Producción Final} / \text{Demanda}$) de la Empresa en el período. En primer lugar, depende de cuánto Stock de Materia Prima se dispone; en el caso que el stock fuera suficiente, hay que ver si se dispone del personal suficiente para procesar esa Materia Prima sin trabajar horas extra; y si la producción en horario normal no fuese suficiente, habría que analizar si se dispone físicamente de las horas extras requeridas (2 hs/día por empleado¹) y si la empresa está en condiciones de pagarlas a fin de mes. Una vez determinada la Producción Final Neta, el módulo Procesos envía información sobre el Nivel de Error del proceso de manufactura en ese período, determinando así qué proporción de la producción es defectuosa.

A continuación se presenta el segundo diagrama causal de la Empresa, cuyo plano de información es el flujo de dinero:

¹ Es un valor límite estándar el cual puede ser customizado.

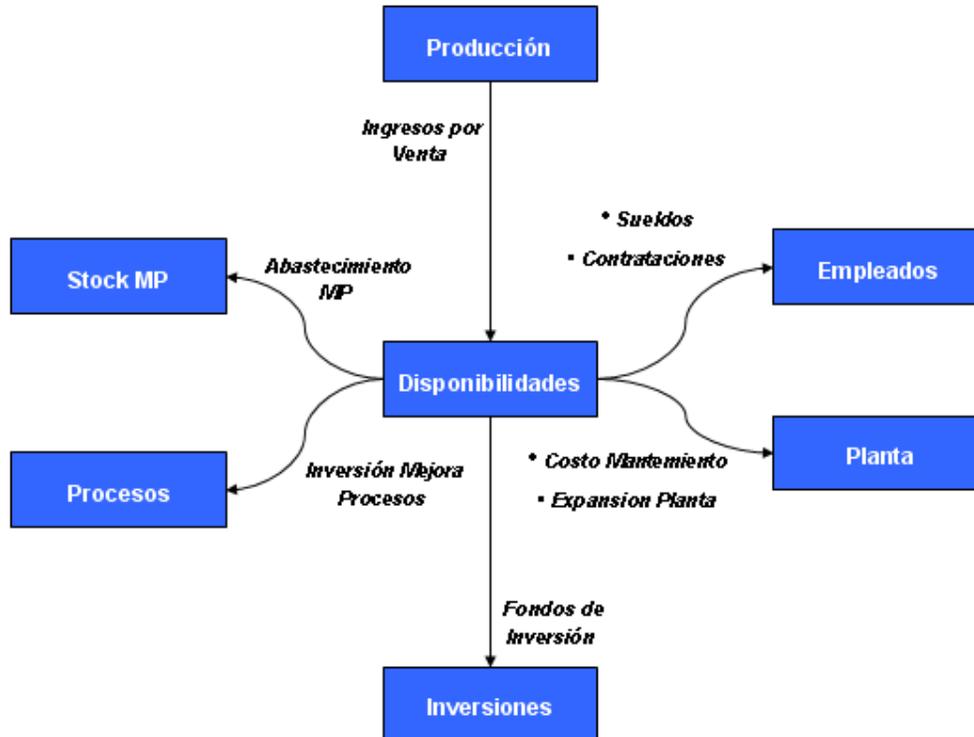


Gráfico 4.3. Diagrama Causal Empresa plano Dinero

Como se puede observar en el gráfico 4.3, el módulo central del flujo del dinero es Disponibilidades, el cual recibe dinero únicamente del módulo Producción y tiene que abastecer a los cinco módulos restantes.

Como fue explicado previamente, el módulo Producción determina la Producción Final, que asociada a un Precio de Venta establece los Ingresos por Venta, tendientes a aumentar las Disponibilidades. A su vez, Disponibilidades debe proveer los fondos necesarios para hacer posible las siguientes actividades:

- Pagar a los proveedores que abastecen la materia prima.
- Pagar los sueldos base y extra a los empleados.
- Mantener en buen estado la planta.
- Contratar personal o indemnizar personal despedido.
- Comprar terreno y construir nuevos módulos de planta.
- Invertir para mejorar los procesos y así disminuir el nivel de error.
- Pagar dividendos a los accionistas e Invertir en I+D y Marketing.

4.2.2. Diagrama Causal de los Submódulos de la Empresa

4.2.2.1. Módulo Stock Materia Prima

Para el abastecimiento de la materia prima, se considera que cada empresa realiza un Acuerdo Anual de Abastecimiento con su proveedor, según el cual el proveedor se compromete a abastecer una determinada cantidad de unidades todos los meses y la empresa a comprarlas. Por lo tanto, el módulo de Stock MP tiene dos dinámicas internas: una de la determinación del Acuerdo Anual de Abastecimiento, y otra del Stock propiamente dicho.

A continuación se presenta el diagrama causal del Stock de MP:

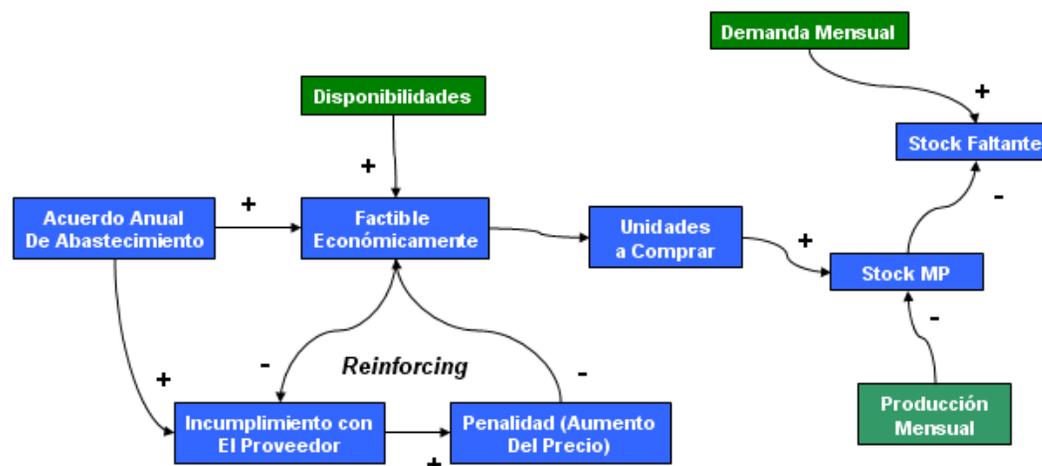


Gráfico 4.4. Diagrama Causal módulo Stock

Cada empresa realiza un acuerdo anual de abastecimiento con los proveedores, el cual la empresa lo cumple mes a mes según sus Disponibilidades. En el caso que no pueda cumplir con el acuerdo, el proveedor aplica una penalidad durante (3 meses) cobrándole un sobreprecio en función del grado de incumplimiento (sobreprecio hasta 100%). Esta penalidad genera un Reinforcing Loop (Bola de nieve), ya que un incumplimiento ocasiona un sobreprecio y a su vez un sobreprecio disminuye la posibilidad de cumplir, aumentando el incumplimiento y por ende la penalidad. Debido a que existe un único proveedor, esta penalidad se aplica para todas las unidades compradas.

La disminución en el stock de cada empresa está dada por la producción mensual. Adicionalmente, es posible calcular una métrica útil para la empresa: el stock faltante para cumplir con la demanda mensual, el cual perjudica el nivel de servicio de la misma. Este stock faltante es tenido en cuenta por la empresa para dimensionar el stock de seguridad.

Para completar la comprensión del módulo Stock es necesario analizar la dinámica del Acuerdo Anual de Abastecimiento que se representa en el siguiente diagrama causal:

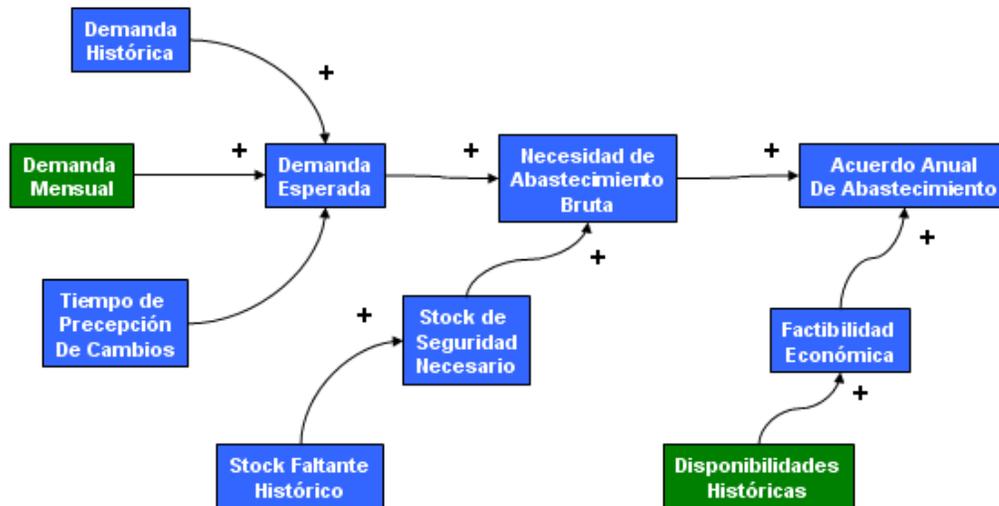


Gráfico 4.5. Diagrama Causal módulo Acuerdo de Abastecimiento

El punto de partida para realizar el Acuerdo Anual de Abastecimiento es la proyección de la demanda, la cual recibe el nombre de Demanda Esperada. La proyección de la demanda de cada empresa varía en función de cómo percibe los cambios de la misma. Esta rapidez para percibir los cambios está determinada por una variable llamada Tiempo de Percepción de Cambios, según la cual, tiempos pequeños se traducen en una rápida adaptación a los cambios de la demanda. Adicionalmente, cada empresa establece su Stock de Seguridad en función de una métrica mencionada anteriormente, el Stock Faltante Histórico, la cual mide un promedio histórico de cuánto stock faltó para cumplir con la totalidad de la demanda mes a mes.

La suma de la Demanda Esperada y el Stock de Seguridad determina la Necesidad de Abastecimiento Bruta. Para no generar incumplimientos con su proveedor, cada empresa analiza históricamente cuánto podría haber pagado a su proveedor y así realiza el ajuste para fijar su Acuerdo Anual de Abastecimiento.

4.2.2.2. Módulo Producción

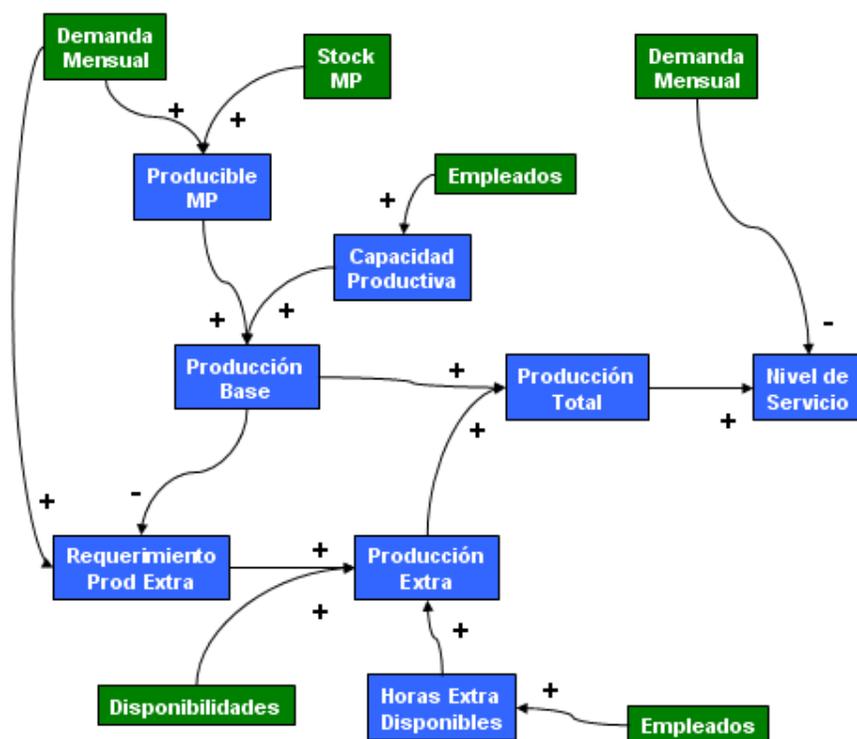


Gráfico 4.6. Diagrama Causal módulo Producción

En el módulo Producción, la variable de entrada es la Demanda Mensual y la de salida la Producción Total. Cada empresa, para determinar cuánto va a producir en el mes, realiza básicamente tres pasos. En primer lugar, determina cuántas de las unidades demandadas va a poder producir en función de su Stock de Materia Prima. Segundo, una vez chequeado su Stock de MP, calcula cuánto va a poder procesar en función de su Capacidad Productiva, es decir de su cantidad de Empleados. Por último, si con un turno de trabajo normal no es suficiente, verifica cuánta demanda adicional podrá absorber con horas extra siempre teniendo en cuenta si las va a poder pagar.

Otro indicador importante resultante del módulo es el Nivel de Servicio, el cual está dado por el cociente entre la Producción Total y la Demanda Mensual. Este ratio representa qué porcentaje de la demanda fue abastecida, y, como se verá más adelante, es de suma importancia ya que impacta en el comportamiento del cliente para compras futuras.

4.2.2.3. Módulo Empleados

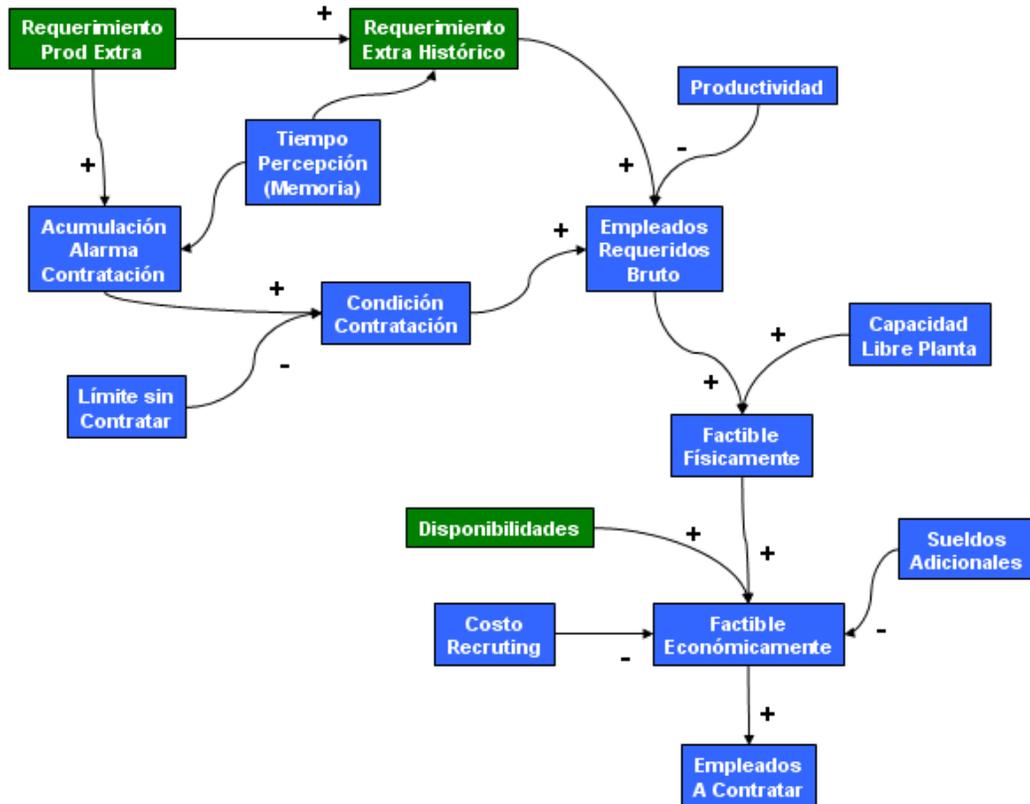


Gráfico 4.7. Diagrama Causal módulo Empleados

El módulo Empleados comprende básicamente la dinámica de las contrataciones y los despidos. Se hará foco en explicar las contrataciones y luego se explicará la analogía con los despidos.

El input del módulo es el Requerimiento de Producción Extra, el cual fue explicado previamente en el módulo Producción. Este concepto indica que la Demanda Mensual no pudo ser abastecida con turnos normales de producción, lo cual es un indicio de que es preciso contratar personal. Para que la empresa contrate personal, se debe cumplir la Condición de Contratación, la cual es función de dos variables: el Tiempo de Percepción y el Límite sin Contratar. El Tiempo de Percepción se refiere a los meses que mantiene la empresa en su memoria cuántas veces tuvo Requerimiento Extra. El Límite sin Contratar determina cuántas veces se debe acordar que tuvo Requerimiento Extra para contratar personal. La combinación de estos parámetros modeliza qué tan reactiva o conservadora es la empresa a contratar personal ante una demanda que excedió su capacidad actual.

Una vez que se cumplió la Condición de Contratación, la empresa verifica su Capacidad Libre de Planta (10 empleados por módulo), y si va poder pagar los costos de reclutar

empleados y sueldos adicionales. Ya determinados los Empleados a Contratar, los mismos tardan un mes en incorporarse a la empresa y tienen unos tres meses de aprendizaje durante los que producen a un 75% de su capacidad.

La dinámica de los despidos es análoga, la única diferencia es que si se cumple la Condición de Despidos no es necesario chequear la Capacidad de Planta, pero si las Disponibilidades para indemnizar al personal despedido (Indemnización = 3 sueldos).

4.2.2.4. Módulo Planta

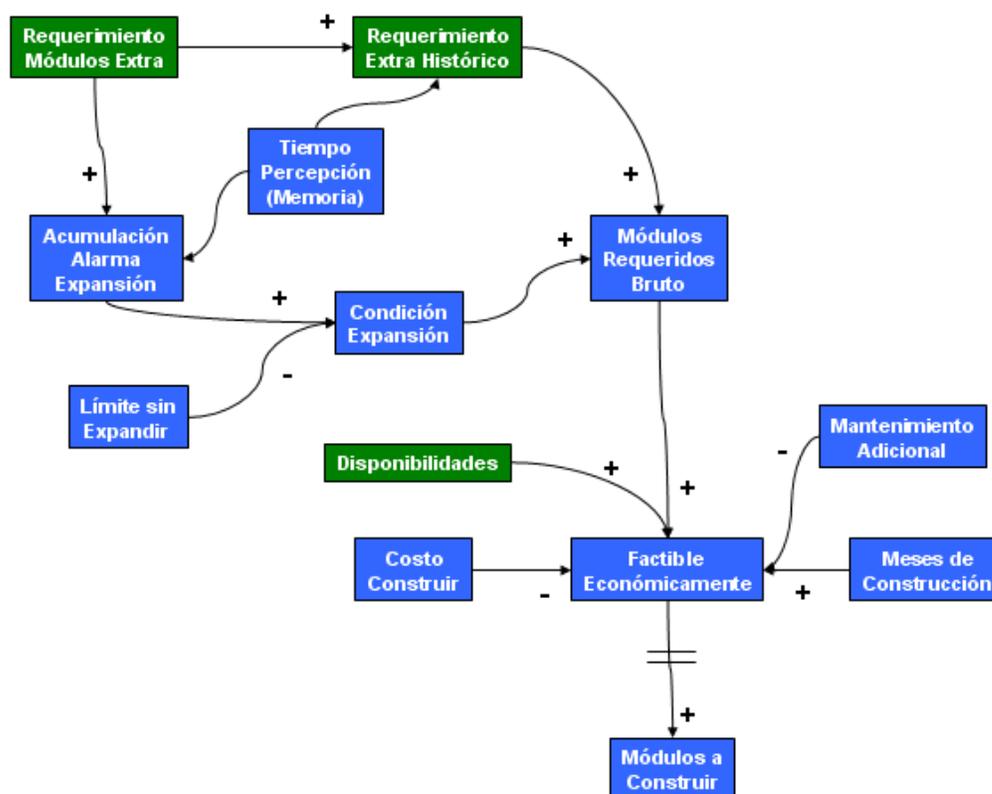


Gráfico 4.8. Diagrama Causal módulo Planta

La dinámica del módulo de Planta es análoga a la del módulo Empleados. Para expandir la planta se debe cumplir una Condición de Expansión, la cual verifica que se requieran módulos extra y que la Capacidad de la Planta esté al máximo (en cuanto a Empleados). Dada la Condición de Expansión, la empresa determina de los Módulos Requeridos cuántos está en condiciones de construir y mantener en un futuro en función de sus disponibilidades. Una vez determinados los Módulos a Construir, el parámetro Meses de Construcción determina cuánto tiempo tarda en expandirse la Planta.

Para la recesión de la Planta, el proceso es semejante con la única diferencia que no se incurre en Costos de Construcción y no se puede dejar a Empleados sin puesto de trabajo.

4.2.2.5. Módulo Proceso

El Módulo Proceso está relacionado con las unidades defectuosas producidas en el proceso de manufactura. El índice que se maneja es el Nivel de Error, el cual es el ratio entre las unidades defectuosas y las unidades producidas totales.

Para analizar la dinámica del Módulo Proceso, se estudiará primero el aumento del Nivel de Error y luego la disminución del mismo.

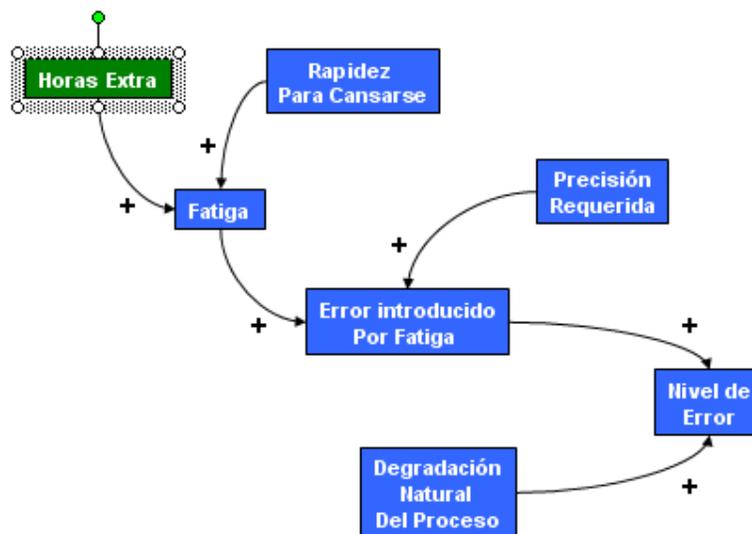


Gráfico 4.9. Diagrama Causal del Nivel de Error

Como se observa en el diagrama causal 4.9, el Nivel de Error es incrementado por dos factores: una Degradación Natural del Proceso y un Error por Fatiga. La Degradación Natural del Proceso está relacionada con que los procesos se van distorsionando con el tiempo, las herramientas estropeando, se cometen errores por exceso de confianza, etc. Por otro lado, el Error por Fatiga está determinado por un cansancio por realizar horas extra, el cual tiene mayor incidencia cuanto mayor es la precisión requerida por el proceso.

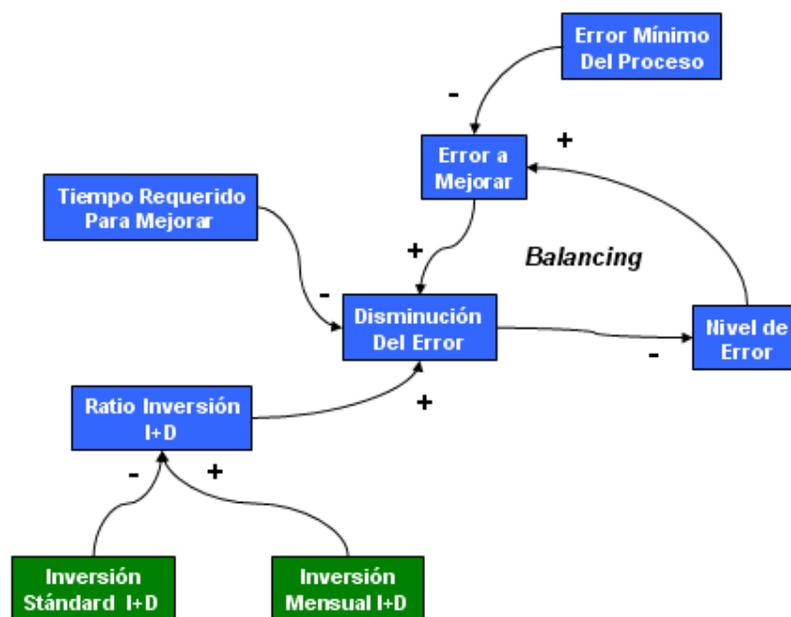


Gráfico 4.10. Diagrama Causal de la Mejora de Procesos

Distinta es la dinámica que gobierna la mejora del proceso, es decir, la disminución del error (Gráfico 4.10). El proceso de cada empresa posee un Error Mínimo e inherente el que no puede ser eliminado ya que no puede ser medido o controlado por la misma. Lo que sí puede es mejorar el proceso hasta lograr ese error mínimo, cuya mejora depende de las Inversión en Investigación y Desarrollo de la misma. Existe un Tiempo Requerido para Mejorar el Proceso que hace que las inversiones en I+D no tengan un efecto instantáneo y requieran una constancia en el tiempo. Cabe destacar la presencia de un Balancing Loop, originado debido a que a mayor Nivel de Error más fácil mejorar el proceso, pero a medida que se disminuye el Error cada vez cuesta más mejorar el proceso. Así el sistema tiende a oscilar alrededor de un punto de equilibrio.

4.2.2.6. Módulo Disponibilidades

Para explicar la dinámica interna de este módulo se presentarán dos diagramas causales, el primero relacionado con el flujo de dinero (Ingresos y Egresos), y el segundo relacionado con el destino de las disponibilidades de la empresa. En relación a los ingresos y egresos, el diagrama causal es el siguiente:

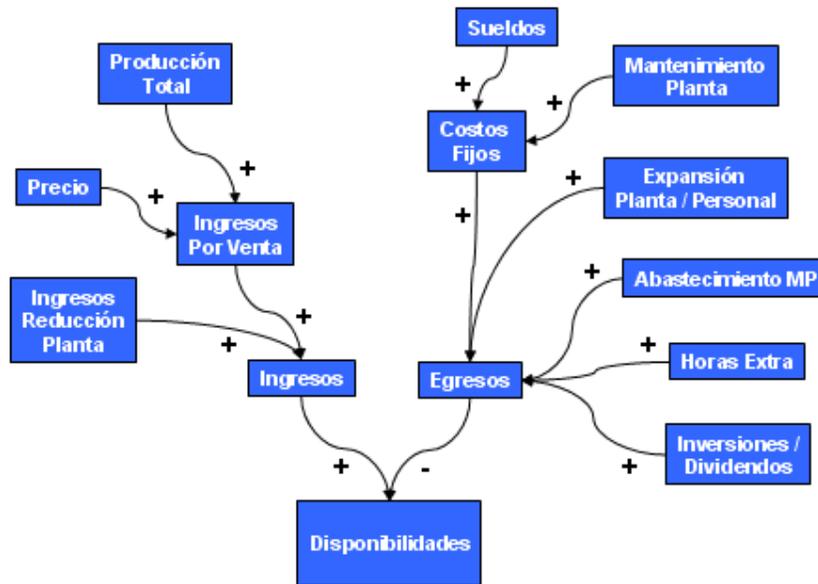
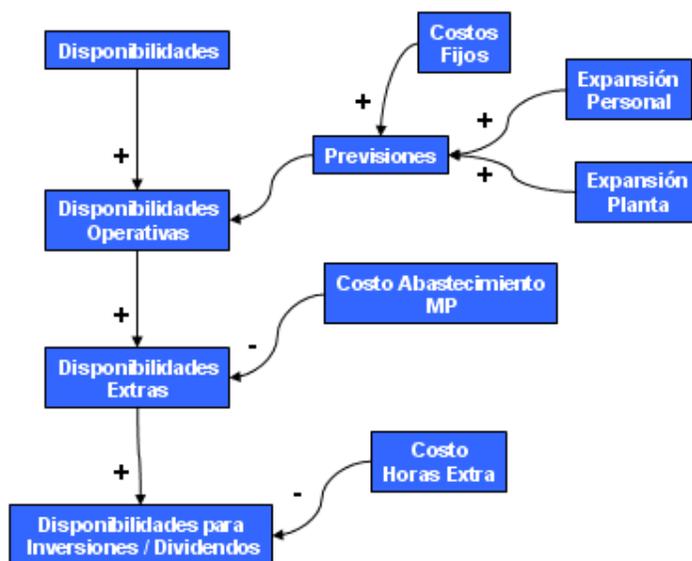


Gráfico 4.11. Diagrama Causal módulo Disponibilidades

En el caso de los ingresos la dinámica es bastante simple, puede haber ingresos por dos fuentes, ingresos por ventas o provenientes de la reducción de la planta (venta del terreno). Los Ingresos por Venta dependen del Precio de venta y de la Producción Total (cantidad vendida), por lo tanto, para incrementar los ingresos hay dos caminos, o producir más o agregarle valor al producto para que el cliente esté dispuesto a pagar más. Más adelante se verá la importancia de incrementar los ingresos mediante una suba del precio, ya que producir más implica mover del equilibrio un sistema muy complejo y de mucha inercia como es el sistema productivo.



SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

Tal como se observa en el diagrama causal presentado, el orden de prioridad de los destinos de los fondos es el siguiente: primero se destinan los fondos a los gastos operativos como son los costos fijos y las previsiones de expansión de planta y personal, luego se utilizan los fondos para pagar a los proveedores, con los fondos restantes se absorben las horas extra, y con las disponibilidades sobrantes se realizan las inversiones y se le paga a los accionistas.

4.2.2.7. Módulo Inversiones

Una vez que se utilizaron las disponibilidades para todos los gastos operativos, los fondos restantes se utilizan tanto para realizar las inversiones como para pagar los dividendos a los accionistas. En esta instancia la empresa tiene que tomar dos decisiones: qué porcentaje de los fondos invertir, y de los fondos a invertir qué porcentaje invertirlos en I+D y qué porcentaje en Marketing.

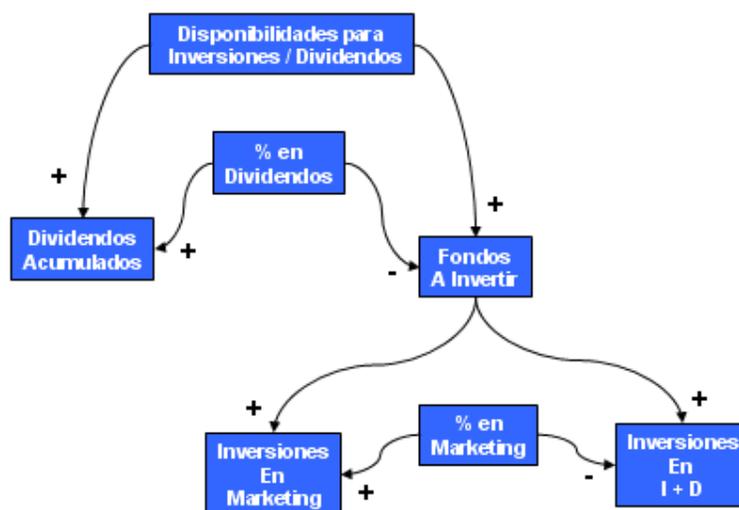


Gráfico 4.12. Diagrama Causal Empresa módulo Inversiones

4.3. MODULO MERCADO

El módulo Mercado es el nexo entre las tres empresas, su función principal es determinar la evolución del Market Share y el Precio de cada empresa. Para lograrlo, evalúa el impacto de las Inversiones, Nivel de Servicio y Calidad reciente e histórico, y luego realiza comparaciones.

Al igual que el módulo Empresa, el módulo Mercado se compone de siete sub-módulos, donde cada uno tiene una dinámica interna que gobierna su comportamiento. Para explicar el funcionamiento del módulo se adoptará la misma metodología que el módulo Empresa, primero se explicará el diagrama causal global y luego el diagrama causal de cada sub-módulo.

4.3.1. Diagrama Causal Global Modulo Mercado

Los siete sub-módulos que componen el módulo Mercado son los siguientes:

- Módulo Marketing
- Módulo Obsolescencia
- Módulo Nivel de Servicio
- Módulo Defectos
- Módulo Valorización
- Módulo Calidad
- Módulo Precio

A continuación se presenta el diagrama causal global del módulo Mercado:

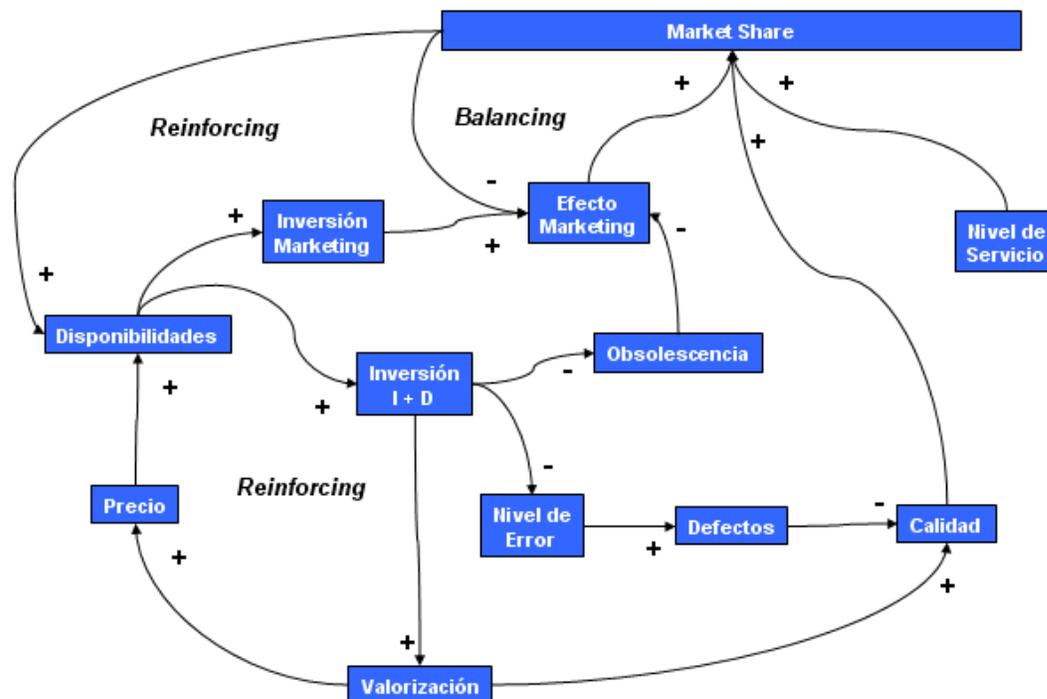


Gráfico 4.13. Diagrama Causal Global módulo Mercado

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

En el diagrama causal presentado se encuentran las interacciones entre los siete submódulos del módulo Mercado. A simple vista se puede observar que el Market Share de una empresa está determinado fundamentalmente por tres variables: la Inversión en Marketing, la Inversión en I+D y el Nivel de Servicio. Las inversiones no tienen un impacto directo, sino que la inversión en Marketing genera un efecto de Marketing, por otro lado, la inversión en I+D determina la obsolescencia del producto, el Nivel de Error, la Valorización e indirectamente el precio.

Cabe destacar que la complejidad y cantidad de lazos del modelo es mucho mayor, pero a modo de diagrama introductorio se presentaron los lazos principales. Luego, para cada escenario se analizará la totalidad de los lazos y se evaluará el impacto de cada uno en la evolución del sistema.

4.3.2. Diagrama Causal de los Submódulos Del Mercado

4.3.2.1. Módulo Obsolescencia

A continuación se presenta el diagrama causal del módulo Obsolescencia:

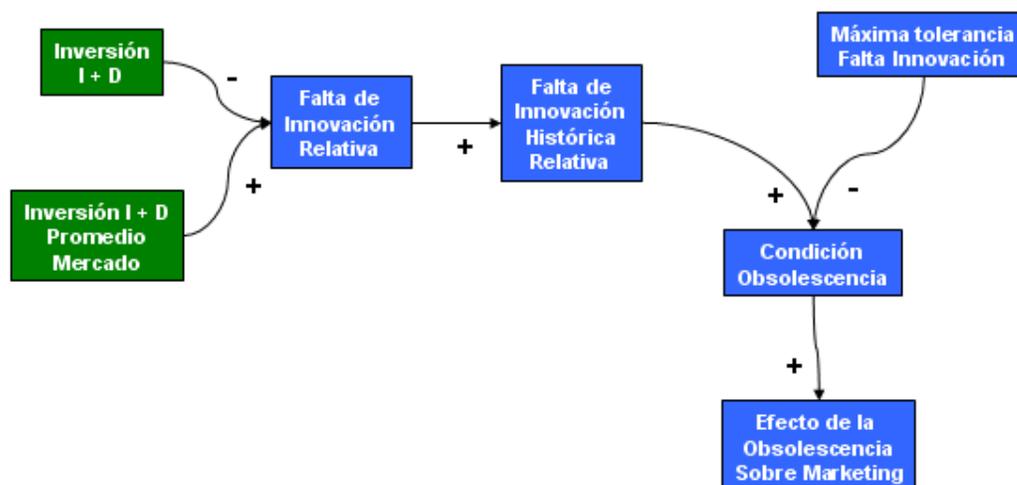


Gráfico 4.14. Diagrama Causal módulo Obsolescencia

La obsolescencia está directamente relacionada a las inversiones en Investigación y Desarrollo relativas entre las empresas. De esta manera se busca reflejar que el consumidor no puede medir el nivel de innovación de un producto si no tiene un parámetro con el cual compararlo. Un producto es considerado obsoleto si se cumple la Condición de Obsolescencia, esto es, si durante los últimos 18 meses su I+D estuvo por debajo del promedio del mercado más veces que las que tolera el cliente. De ahí el factor Máxima Tolerancia a la Falta de Innovación. Cabe aclarar que esta condición de

obsolescencia es un parámetro de referencia, ya que la percepción de la misma por parte del cliente es subjetiva a cada persona.

En el caso que el producto de una empresa sea considerado obsoleto, la campaña publicitaria de la empresa no tendrá la misma efectividad. Esa menor efectividad de la campaña publicitaria es reflejada mediante el Efecto de la Obsolescencia sobre el Marketing. El comportamiento del efecto responde a la siguiente curva, siendo el eje de las abcisas la cantidad de meses que la empresa estuvo por debajo en I+D por sobre el límite de tolerancia. Por ejemplo, si de los 18 meses el cliente tolera hasta 6 meses por debajo en I+D, y se estuvo por debajo en 8 meses, el valor de abcisas sería $(12-8) = 4$, es decir, superó el límite de tolerancia en 4 meses. A continuación se presenta el gráfico del Efecto de la Obsolescencia sobre el Marketing:

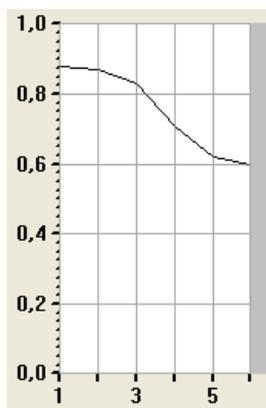


Gráfico 4.15. Efectividad del Marketing en función de la Obsolescencia

La forma de la curva intenta reflejar la mente del consumidor en el sentido que, si percibe el producto obsoleto la campaña pierde un 15% de efectividad aproximadamente, pero si la obsolescencia es muy evidente (3 meses o más por debajo de la tolerancia), la campaña publicitaria pierde mucha credibilidad siendo penalizada hasta en un 40%.

4.3.2.2. Módulo Marketing

En el diagrama causal a continuación se encuentra representada la dinámica interna del módulo Marketing:

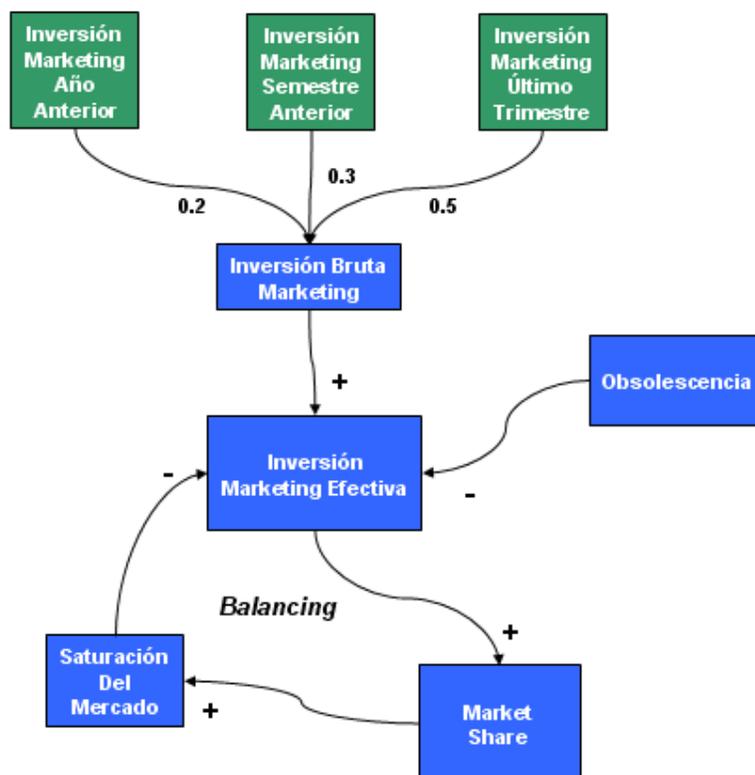


Gráfico 4.16. Diagrama Causal módulo Marketing

Analizando el diagrama causal 4.16, se observa que la Inversión Bruta en Marketing es una ponderación de las inversiones de los últimos períodos (trimestre, semestre y año), donde la inversión de mayor peso es la del último semestre. Este buffer de inversiones tiene como objetivo reflejar dos aspectos concordantes con la realidad. El primero es que para instaurar una marca o una publicidad en la mente del consumidor es necesaria una inversión a largo plazo, no es suficiente con invertir unos pocos meses. El segundo aspecto es que la publicidad más reciente tiene mayor presencia en la mente del consumidor, de ahí la ponderación.

Una vez determinada la Inversión Bruta en Marketing, la efectividad de esa inversión estará determinada por dos factores: la Obsolescencia del producto y la Saturación del Mercado. La Obsolescencia, como fue explicado previamente, está relacionada a un nivel mínimo de Investigación y Desarrollo de un producto, mientras que la Saturación del Mercado es un fenómeno asociado a la dificultad creciente de ganar clientes a medida que uno va teniendo mayor participación en el mercado. A modo de ejemplo de este último, generalmente, es más difícil ganar un cliente adicional cuando uno tiene el

95% del mercado que cuando uno tiene el 3%. Esto se debe a que cuando uno tiene gran participación en el mercado, cada cliente adicional prácticamente borra del mapa a los demás productos, teniendo un impacto cada vez mayor en las utilidades de la competencia.

4.3.2.3. Módulo Nivel de Servicio

A continuación se presenta el diagrama causal 4.17 correspondiente al módulo Nivel de Servicio:

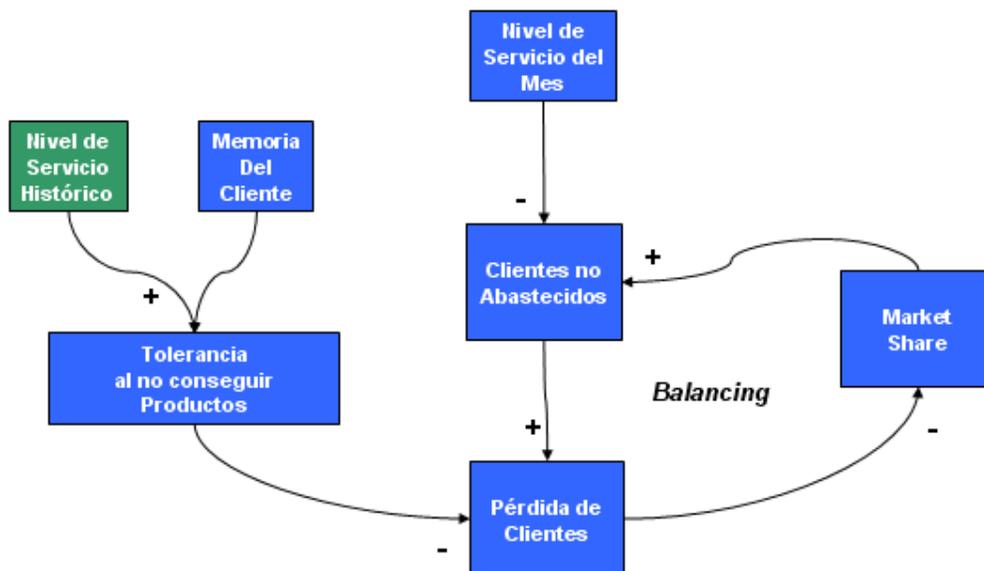


Gráfico 4.17. Diagrama Causal módulo Nivel de Servicio

La dinámica del Nivel de Servicio está presente permanentemente en prácticamente todos los mercados existentes, está relacionada al comportamiento del consumidor cuando no consigue comprar un producto de la marca que compra habitualmente. Cuando se da esa situación existen dos posibilidades, que regrese en otro momento a comprar la marca habitual, o que compre otra marca disponible en el momento. En el caso que regrese en otro momento, no hay una variación del Market Share de cada marca, pero el cliente recordará que no la pudo comprar y cada vez será más intolerante a este hecho. Por otro lado, si el cliente decide comprar otra marca disponible, que en la siguiente compra vuelva a comprar la nueva marca dependerá de dos factores: de la satisfacción generada por el nuevo producto y del nivel de intolerancia instaurada por todas las veces que no pudo comprar la marca anterior. Justamente este comportamiento del cliente es el que refleja el módulo Nivel de Servicio.

Resulta interesante destacar un lazo de realimentación balanceada (Balancing Loop) resaltado en el diagrama causal. Este lazo tiende a estabilizar el sistema, es decir, tiende

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

a limitar la pérdida de clientes de una empresa por un bajo Nivel de Servicio. El fenómeno sucede la siguiente manera: un bajo Nivel de Servicio ocasiona la pérdida de clientes, lo cual disminuye el Market Share, con lo cual la demanda cae, aumentando la probabilidad de abastecer a todos los clientes, y, por ende, aumentando el Nivel de Servicio.

4.3.2.4. Módulo Defectos

En el diagrama causal 4.18 a continuación se representa la dinámica interna del módulo Defectos:

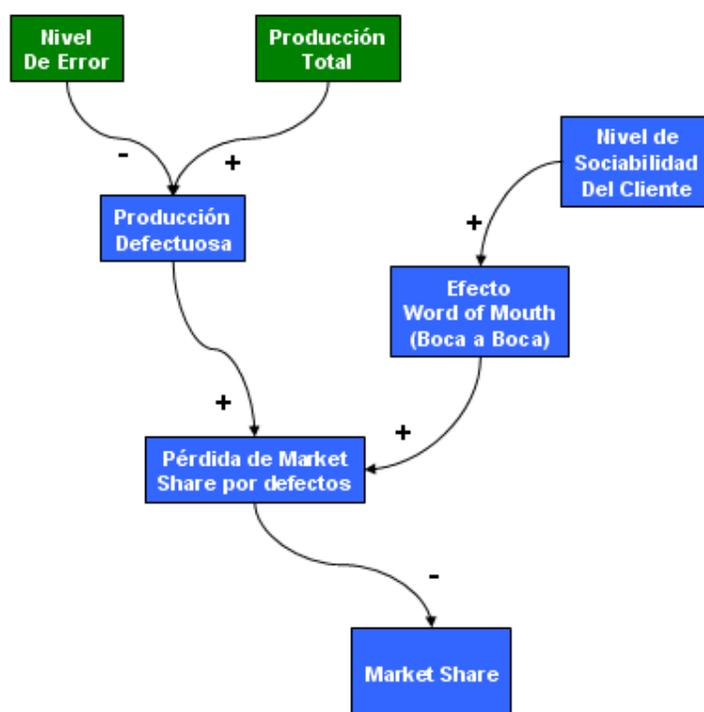


Gráfico 4.18. Diagrama Causal módulo Defectos

Previamente, dentro del módulo Empresa, fue explicada la dinámica del Nivel de Error, el cual actúa como entrada en este nuevo módulo Defectos. Dado un Nivel de Error y una Producción Total, queda determinada la totalidad de unidades defectuosas que recibe el cliente en el mes, es decir, la Producción Total Defectuosa. De por sí este efecto genera un descontento en el consumidor y por ende una pérdida del Market Share, pero hay otro factor importante a considerar, el Boca a Boca (WOM). Dependiendo del nivel de comunicación que exista entre clientes, un cliente que recibió una unidad defectuosa se lo contará a una mayor o menor cantidad de pares. Por ejemplo, si los clientes se encuentran uno en cada país, la probabilidad de comunicación es baja, mientras que si juegan juntos en un equipo de fútbol, es muy probable que se

entere del siniestro. Resumiendo, la producción defectuosa genera descontento en el consumidor y por ende disminuye la probabilidad que se vuelva a comprar una marca. Pero si hay un gran nivel de comunicación entre clientes, el descontento generado por una unidad defectuosa se ve potenciado.

4.3.2.5. Módulo Valorización

En el diagrama causal 4.19 a continuación se representa la dinámica interna del módulo Valorización:

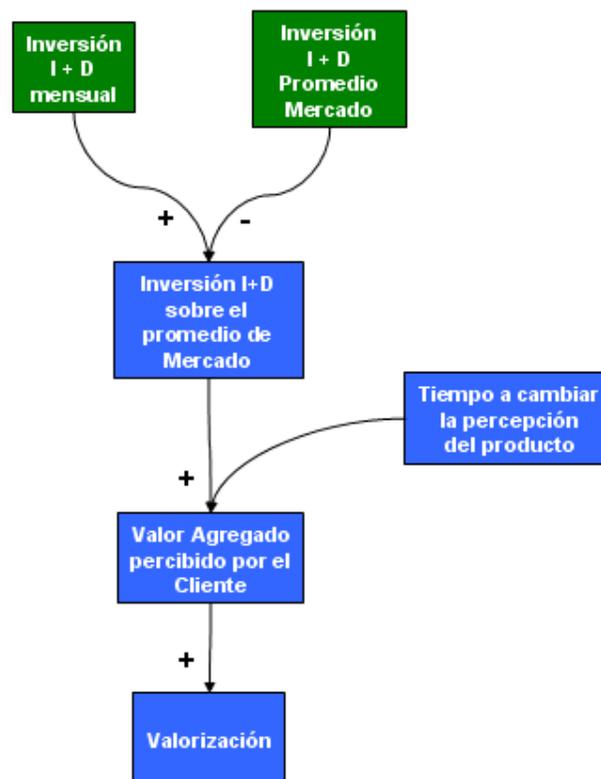


Gráfico 4.19. Diagrama Causal módulo Valorización

El módulo Valorización está relacionado con el valor agregado que el cliente percibe que tiene un producto. La dinámica interna no es compleja, se considera que el valor agregado está relacionado directamente con cuánto invierte una empresa en I+D en relación al promedio del mercado, y cuánto tarda un cliente en cambiar la concepción de un producto sobre su valor agregado.

4.3.2.6. Módulo Precio

A continuación se presenta el diagrama causal 4.20, el cual representa la dinámica interna del módulo Precio:

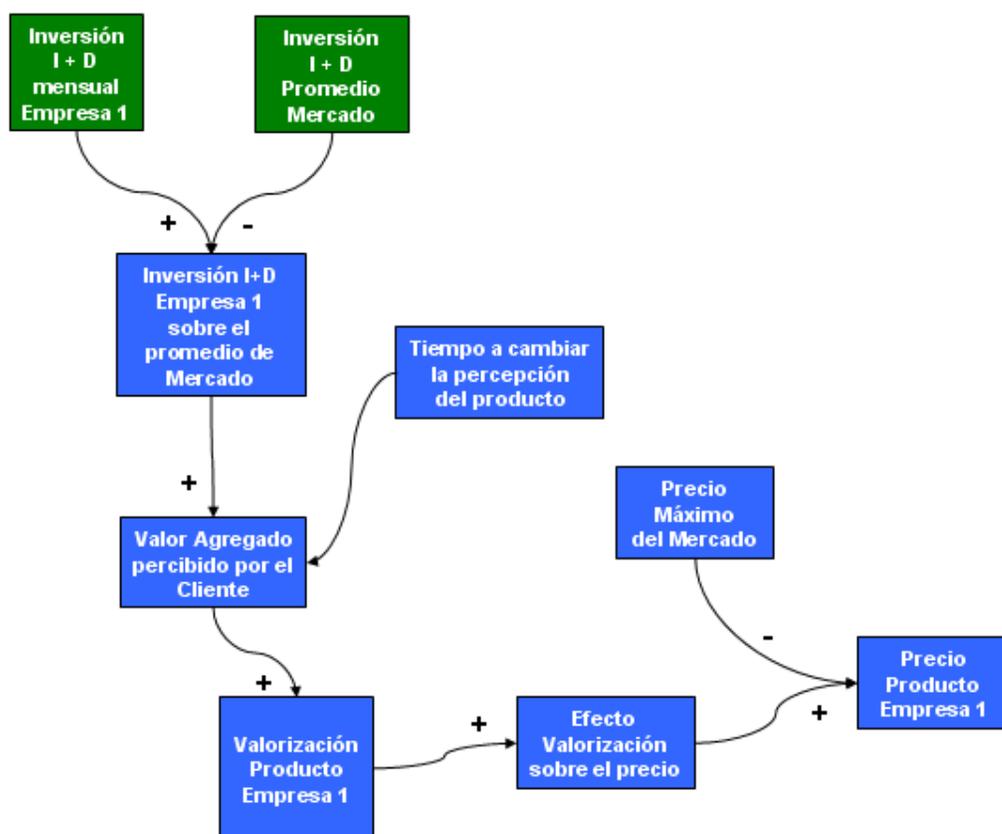


Gráfico 4.20. Diagrama Causal módulo Precio

En el presente modelo, se parte de la base que el precio de un producto está muy relacionado con cuánto un cliente está dispuesto a pagar por el mismo, es decir, el valor que percibe. De hecho, la variable de entrada del módulo Precio es la Valorización del producto. El precio que el cliente está dispuesto a pagar está acotado, y está relacionado con la valorización por la siguiente curva:

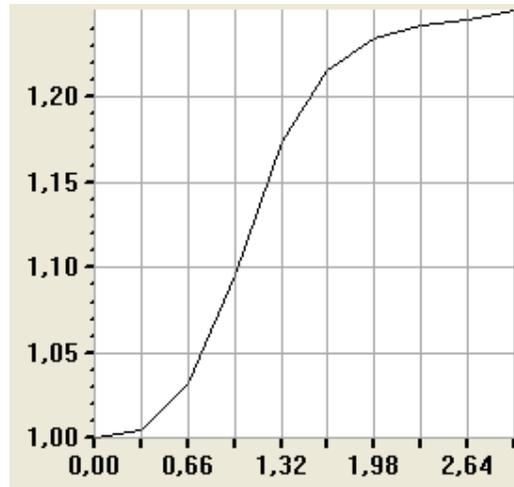


Gráfico 4.21. Sobreprecio en función de la Valorización

La forma de la curva responde al siguiente comportamiento: mientras que la diferencia entre la inversión en I+D entre la empresa y el promedio de mercado no sea tan notoria (menor a 2 veces), el cliente no valorará tanto el producto y estará dispuesto a pagar hasta un 10% más; pero si la diferencia se hace realmente notoria (3 veces el promedio de mercado), el cliente lo valorará y pagará un 25% más (podría ser una cuestión de status, por ejemplo). Esfuerzos adicionales en I+D no se verán reflejados en el precio ya que el cliente no podrá pagar más que un 25% adicional.

4.3.2.7.Módulo Calidad

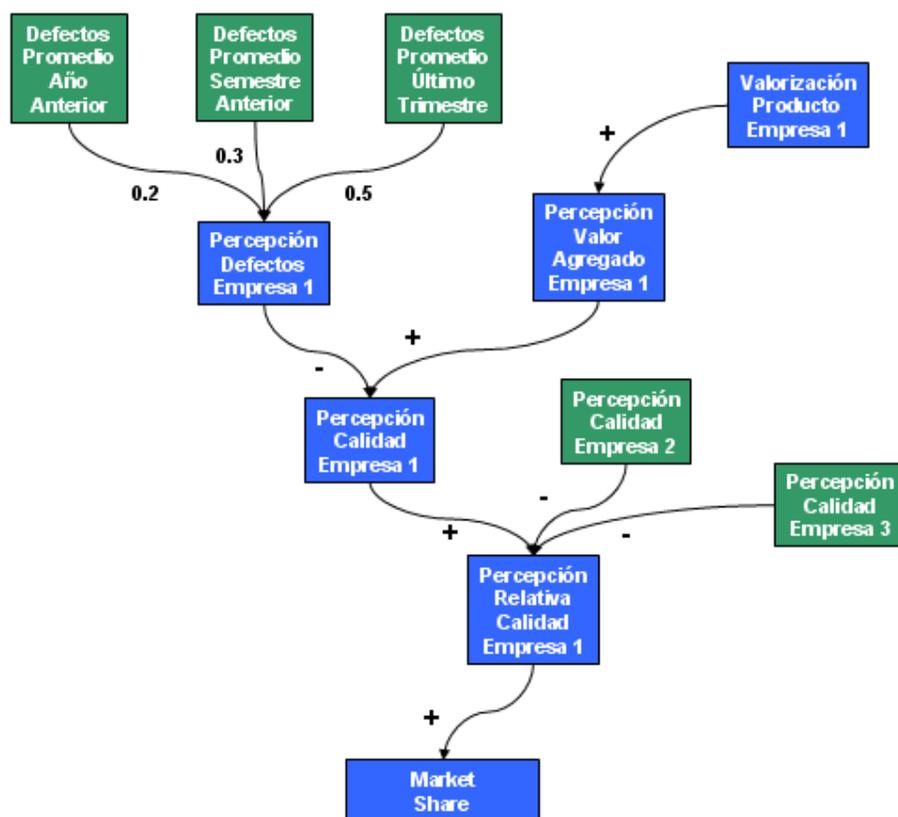


Gráfico 4.22. Diagrama Causal módulo Calidad

En cuanto a la Calidad del producto, se considera que la percepción del cliente de la misma está relacionada a dos factores: por un lado el Valor Agregado que el cliente percibe, y por otro lado la cantidad de Productos Defectuosos que ha lanzado la empresa al mercado en los últimos 18 meses. O sea, por un lado percibe prestaciones y por el otro confiabilidad. Adicionalmente, en cuanto a los productos defectuosos, se considera que cuanto más recientes los defectos más impacto en la decisión de compra del cliente.

5. CODIFICACIÓN

La Codificación es la etapa del traspaso de la idea desarrollada a un software de simulación. Para ello, una vez seleccionado el software, las ideas deben ser expresadas en el lenguaje de programación del mismo. En el proceso de Codificación del modelo se unifica todo lo hecho hasta el momento ya que se debe fusionar la idea (Modelo Conceptual), los datos (Modelo de Datos) y la lógica del modelo (Modelo Operacional) en el lenguaje del software.

La codificación del modelo se arma mediante la utilización de los siguientes conceptos:

- **Variable Stock:** son variables de estado, cuyo valor está definido independientemente del tiempo. Es válida la analogía con el nivel de un tanque de agua, si en un momento cualquiera se detuviera el transcurso del tiempo, el valor del nivel de agua en el tanque estaría totalmente definido. Las variaciones en el tiempo de las Variables Stock están dadas por las Variables Flujo.
- **Variable Flujo:** son variables que determinan la tasa de incremento por unidad de tiempo de las Variables Stock. De acuerdo a la analogía presentada, si una Variable Stock fuera el nivel de agua en un tanque, la Variable Stock sería el caudal entrante o saliente del mismo, o sea, un determinado volumen por unidad de tiempo.
- **Variables Auxiliares:** estas variables son fundamentales para crear la lógica del modelo, representan relaciones entre Variables Stock, Flujo y Constantes.

6. EXPERIMENTACIÓN

Tal como fue explicado en el Modelo de Datos, hay 4 grandes grupos de parámetros: de Comportamiento del Cliente, de Tipo de Proceso, de Estilo de Gestión y de Estrategias de Inversión. A su vez, cada grupo engloba una gran cantidad de parámetros del mismo tipo, que sumado a los distintos tipos de Demanda y cantidad de empresas (3), la cantidad de combinaciones posibles (combinatoria), y por ende evoluciones posibles del sistema, superan las diez mil.

Por lo tanto, a fines prácticos, se plantearán y analizarán a fondo seis escenarios, dejando claro el método de análisis de los mismos a modo de ayuda para eventualmente estudiar una gran cantidad de casos adicionales. Los escenarios que se analizarán son los siguientes:

1. Respuesta a Demanda Escalón con parámetros default.
2. Respuesta a Demanda Escalón con una mayor importancia de los defectos.
3. Respuesta a Demanda Escalón con distintos Estilos de Gestión.
4. Respuesta a Demanda Escalón + Senoidal con tres Estilos de Gestión.
5. Idem al Escenario 4 pero con mayores Costos de Contratación y Construcción.
6. Respuesta de un cliente muy Sensible a la Publicidad pero también a los defectos y la innovación.

Debajo (Figura 6.1) se encuentra la leyenda de colores válida para todos los gráficos. Salvo que se especifique lo contrario, los perfiles de Estrategias de Inversión son los que se indican en la Figura 6.1.



Figura 6.1. Leyenda y Estrategias de Inversión default

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

6.1. Escenario 1

VARIABLES Y PARÁMETROS:

- Demanda: 10.000 + Escalón (15.000 u , Time 30)
- Parámetros default.

En el gráfico a continuación se presenta la evolución del Market Share de las tres empresas para el Escenario 1:

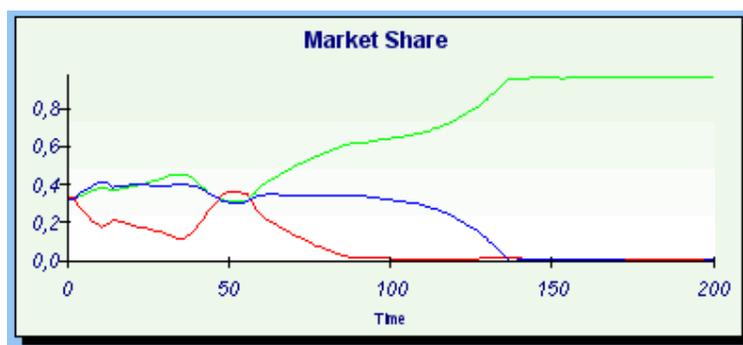


Gráfico 6.1. Evolución del Market Share del Escenario 1

En una primera instancia se observa que las Empresa 1 (mayor I+D) pierde consistentemente participación en el mercado hasta alcanzar un estado de régimen (Gráfico 6.2).

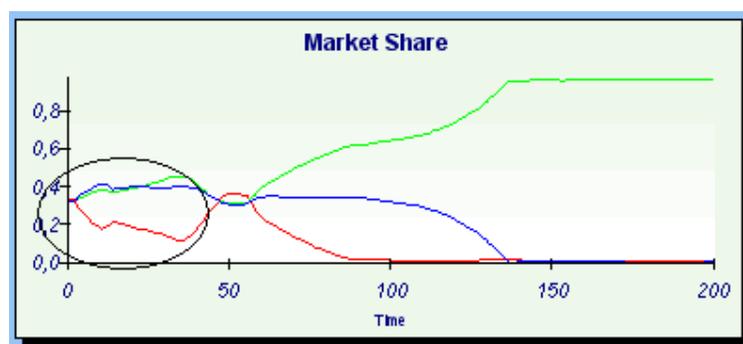


Gráfico 6.2. Primera instancia del Escenario 1

En esta instancia gobiernan el sistema dos lazos de realimentación: el Marketing y el Nivel de Servicio, siendo el Marketing el más fuerte de los dos. En el siguiente diagrama causal se encuentran representados ambos lazos:

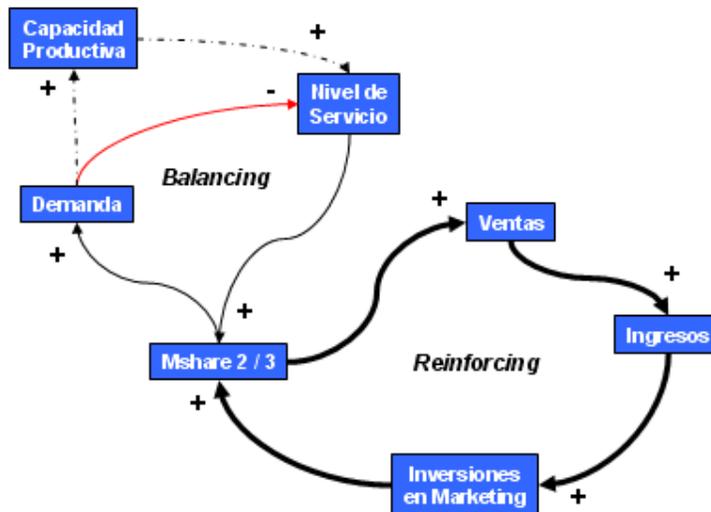


Gráfico 6.3. Diagrama Causal de la primera instancia del Escenario 1

Las Empresas 2 y 3 comienzan ganando mercado gracias a su publicidad, la cual les permite obtener mayores ingresos y así realizar inversiones aún mayores en publicidad (Reinforcing Loop). Lo que limita el crecimiento de estas empresas es que todavía no poseen la capacidad productiva necesaria para abastecer la ganancia de demanda, ya que incrementar la capacidad productiva (expandir planta o contratar empleados) requiere un tiempo. Por lo tanto, las empresas no pueden abastecer correctamente la demanda en aumento, brindando así un bajo nivel de servicio y cediendo clientes a la Empresa 1 (Balancing Loop).

Cuando se produce el shock de demanda (Escalón 15.000 u.) en la semana 30, las empresas absorben la nueva demanda en forma proporcional a su Market Share, quedándose así con la mayor parte de los nuevos clientes las Empresas 2 y 3. Como estas empresas no poseen la capacidad productiva para hacer frente a semejante demanda, tienen un pésimo nivel de servicio y exigen a sus empleados actuales al máximo, los cuales se fatigan y producen mayor cantidad unidades defectuosas. Así la Empresa 2 recupera gran participación en el mercado. Los diagramas de evolución y causal correspondientes son los siguientes:

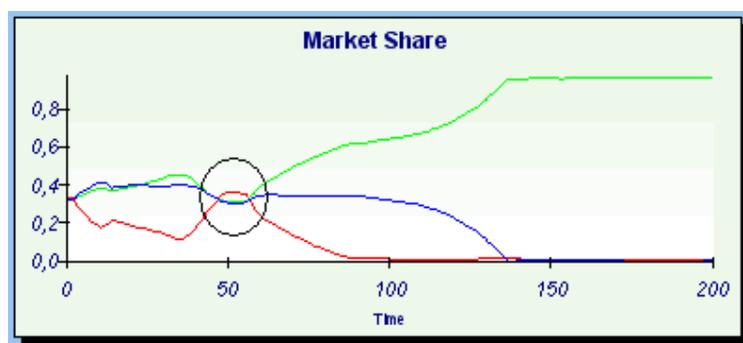


Gráfico 6.4. Segunda instancia del Escenario 1

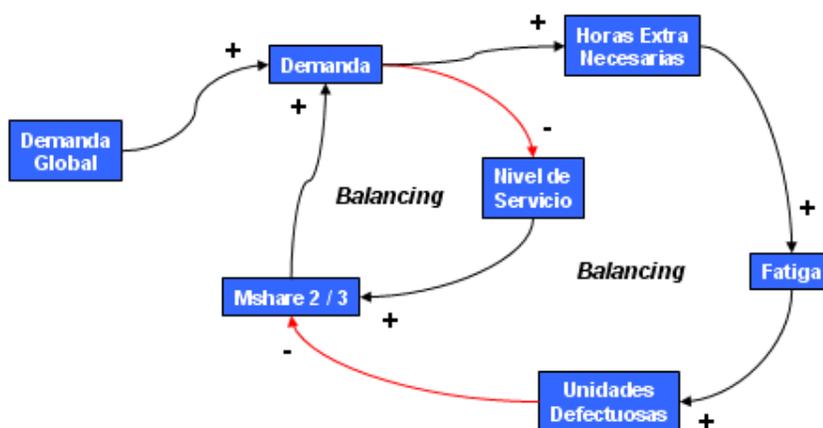


Gráfico 6.5. Diagrama causal de la segunda instancia del Escenario 1

Finalmente, en una tercera instancia la Empresa 1 no es capaz de sostener la participación en el mercado ganada y comienza a perderla rápidamente. Lo mismo sucede a largo plazo con la Empresa 3 (+ Mkt), quedando con la totalidad del mercado la Empresa 2, la más equilibrada entre Marketing e I+D. Primero se analizará la causa de la decadencia de la Empresa 1 y finalmente la de la Empresa 3.

Si se analiza la relación entre la demanda y la expansión de la capacidad productiva de las tres empresas se observa que las Empresas 2 y 3 disparan un proceso de expansión inmediatamente que se produce el escalón de demanda, mientras que la Empresa 1 comienza a expandirse tardíamente. Esto sucede porque cuando se produjo el escalón de demanda la Empresa 1 tenía baja participación en el mercado, por lo tanto no lo percibió en el momento, sino cuando tuvo que abastecer la demanda insatisfecha por las Empresas 2 y 3. Luego, cuando la E 1 tiene que afrontar la demanda ganada tiene una capacidad productiva insuficiente y sufre los mismos problemas de las E 2 y 3 previamente, bajo nivel de servicio e incremento de los defectos, por lo tanto dispara un proceso de expansión.

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

La diferencia está en que ahora las E 2 y 3 ya aumentaron su capacidad productiva y están en condiciones de abastecer la demanda perdida por la E 1, con la atenuante que para el momento en que la E 1 finalice la expansión de su capacidad productiva, ya habrá perdido gran participación en el mercado y tendrá que afrontar altos costos fijos con una gran capacidad ociosa. Estos altos costos fijos con escasas ventas agotan las disponibilidades de la E 1, extinguiendo sus inversiones y por ende su participación en el mercado. Este efecto se puede observar en los gráficos a continuación:

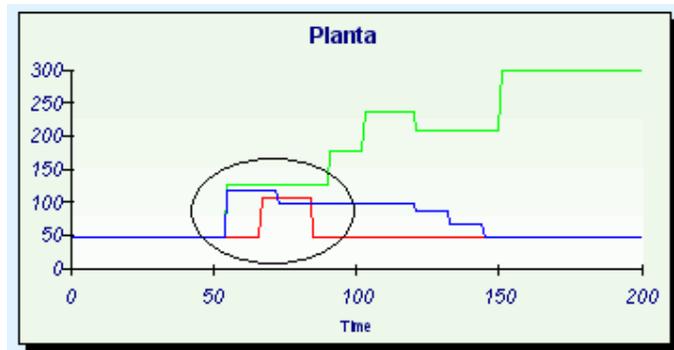


Gráfico 6.6. Evolución de la Capacidad de Planta del Escenario 1

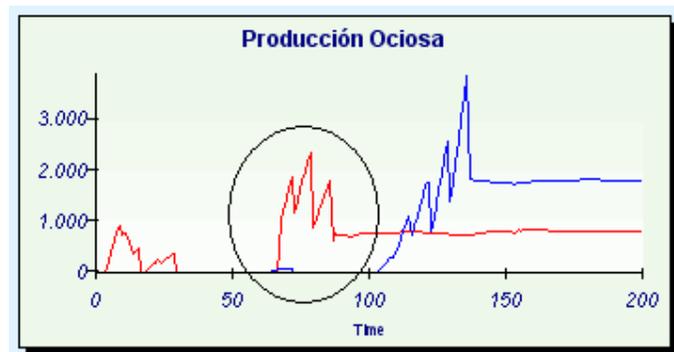


Gráfico 6.7. Evolución de la Producción Ociosa del Escenario 1

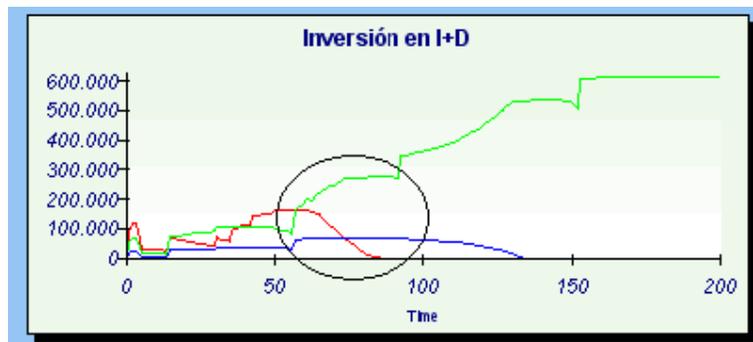


Gráfico 6.8. Evolución de la Inversión en I+D del Escenario 1

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

Por último se analizará la causa de la pérdida de Market Share de la E 3, cuya ubicación en el tiempo se encuentra en el gráfico a continuación:

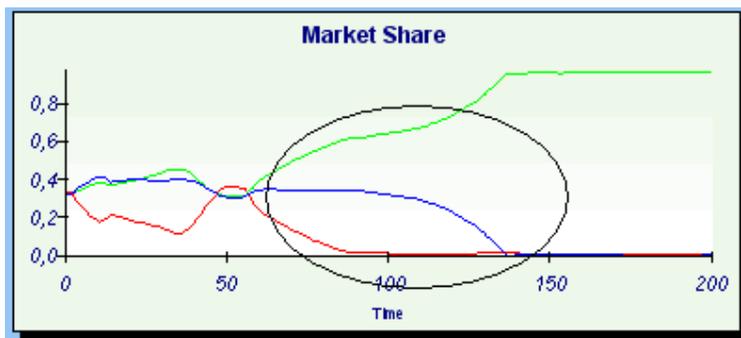


Gráfico 6.9. Tercera instancia del Escenario 1

Analizando el gráfico 6.9, se observa que la E 2 absorbe la totalidad de los clientes perdidos por la E 1. Esto responde a dos hechos: que la E 3 produce una gran cantidad de artículos defectuosos a causa del alto nivel de error en el proceso inducido por la baja inversión en mejora de procesos, y que los productos de la E 3 son considerados obsoletos por el cliente, disminuyendo así la efectividad de la publicidad. Resulta lógico que un cliente, en el momento de la compra, elija un producto confiable y novedoso antes que uno defectuoso y obsoleto. Estos efectos se encuentran representados en los siguientes diagramas de evolución y causal:

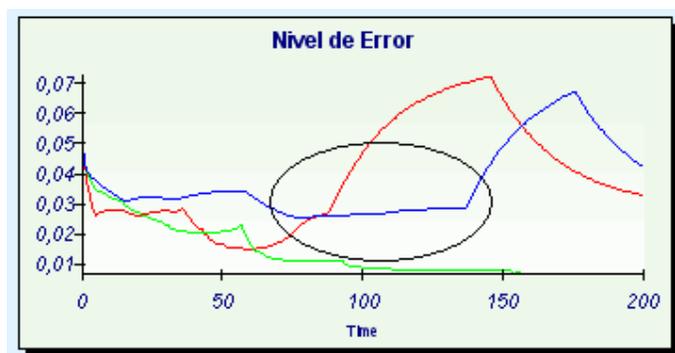


Gráfico 6.10. Evolución del Nivel de Error del Escenario 1

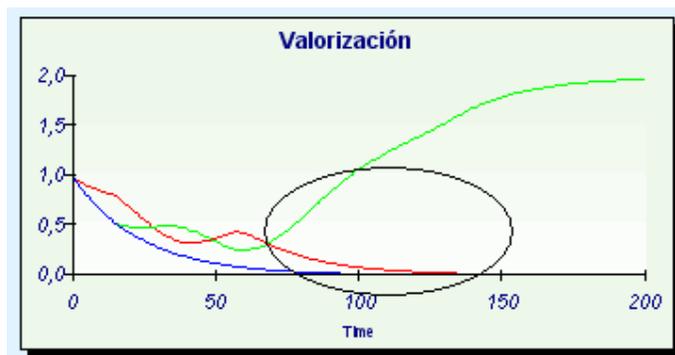


Gráfico 6.11. Evolución de la Valorización del Escenario 1

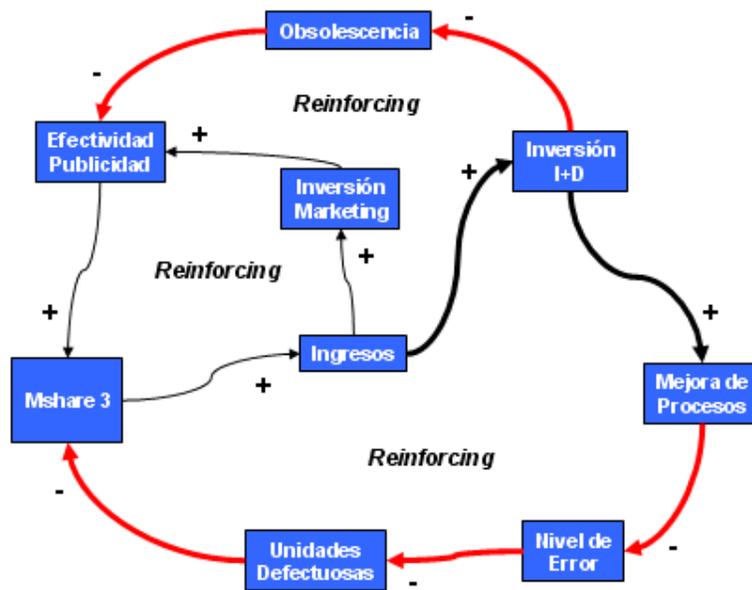


Gráfico 6.12. Diagrama causal de la tercera instancia del Escenario 1

Finalmente, el proceso de expansión que había iniciado la E 3 se transforma en altos costos fijos y capacidad ociosa, extinguiendo las disponibilidades e inversiones de la empresa, y por ende, eliminándola del mercado.

6.2. Escenario 2

Variables y Parámetros:

- Demanda: $10.000 + \text{Escalón}(15.000, \text{time} = 30)$
- Cliente (muy sensible a fallas):
 - Boca a Boca: 5
 - Defectos Cercanos: 8
- Proceso (de precisión):
 - Coeficiente Fatiga: 14

A continuación se presenta el gráfico de evolución del Market Share para el presente escenario (Gráfico 6.13):

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

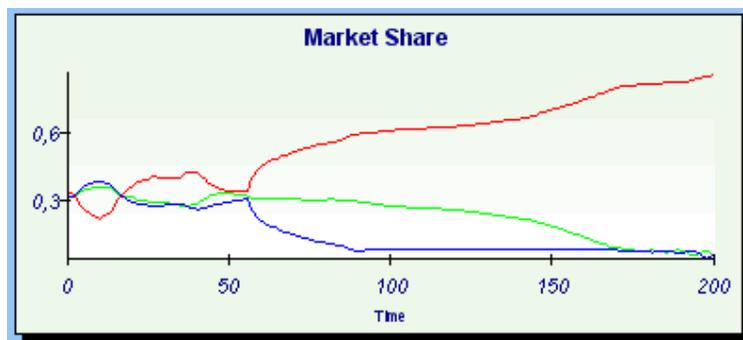


Gráfico 6.13. Evolución del Market Share del Escenario 2

Analizando el gráfico 6.13 se detectan básicamente tres instancias, una primera instancia donde las E 2 y 3 dominan levemente el mercado, una segunda donde la E 1 toma el liderazgo, y finalmente la tercera abarca la consolidación de la E 1 como líder del mercado.

La primera instancia responde a una dinámica bastante simple, donde el lazo que gobierna el sistema es el del Marketing, permitiendo así ganar participación en el mercado a las empresas que más publicidad realizan (E 2 y E 3).

La segunda instancia corresponde a un cambio importante en el mercado en el cual la E 1 toma el liderazgo del mismo. La ubicación temporal de esta instancia se encuentra en el siguiente gráfico 6.14:

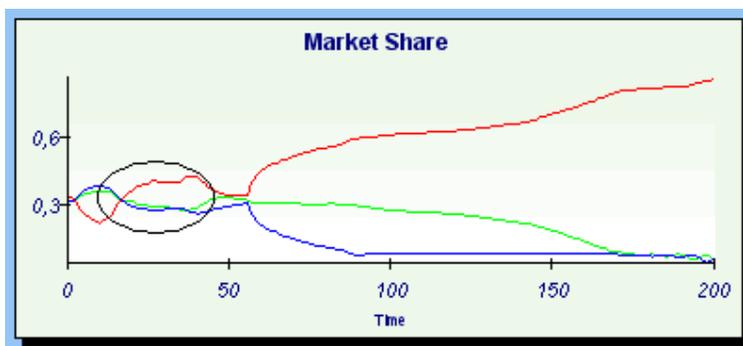


Gráfico 6.14. Primera instancia del Escenario 2

La causa de este cambio radica en la naturaleza del proceso y la susceptibilidad del cliente a los defectos. En una primera instancia, las E 2 y 3 habían aumentado sus ventas pero no habían tenido tiempo de aumentar su capacidad productiva, por lo tanto tuvieron que afrontar la nueva demanda exigiendo más horas a los empleados y fatigándolos. Dado que el proceso productivo requiere de gran precisión, la fatiga indujo como consecuencia un gran nivel de error, lo cual, combinado a una alta susceptibilidad del cliente, permitió a la E 1 tomar el liderazgo del mercado. A continuación se presenta la evolución del Nivel de Error y el diagrama causal de la segunda instancia:

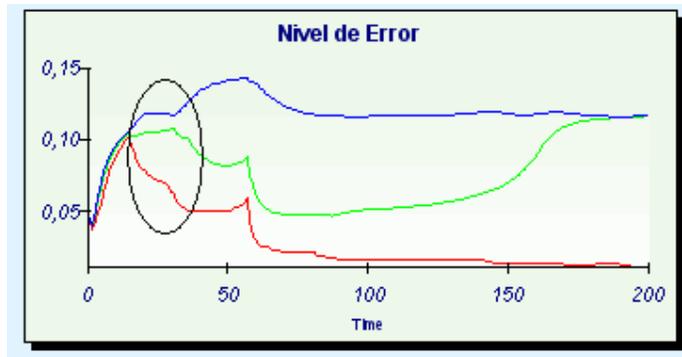


Gráfico 6.15. Evolución del Nivel de Error del Escenario 2

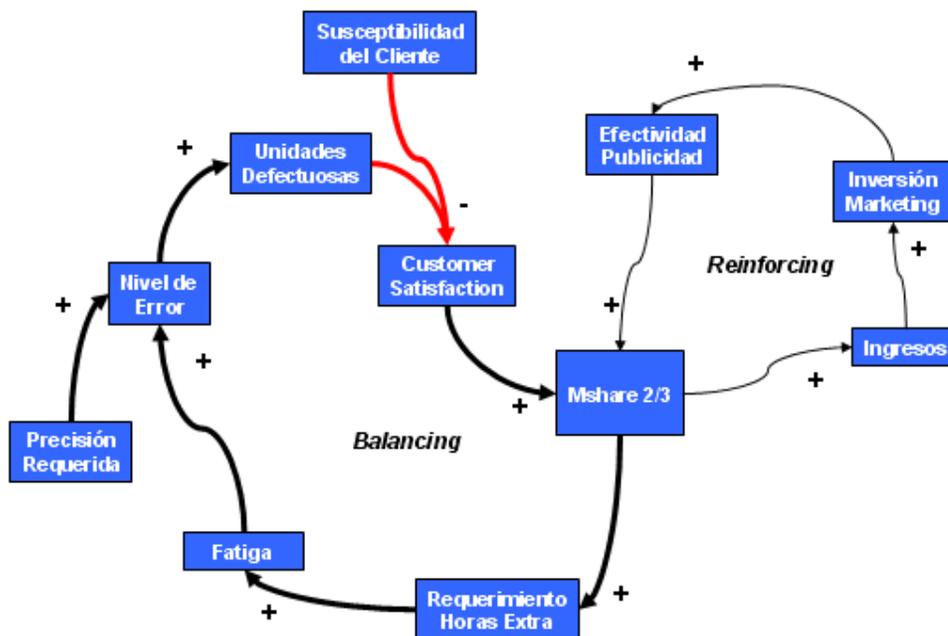


Gráfico 6.16. Diagrama causal de la primera instancia del Escenario 2

Finalmente, la tercera instancia abarca en un primer momento la decadencia de la E 3 y luego la de la E 2.

La decadencia de la E 3 responde a dos factores: primero a un alto nivel de error y luego a una alta capacidad ociosa. Ante el escalón de demanda, la Empresa 3, cuyo proceso se encuentra muy degradado, inicia un proceso de expansión, pero mientras tanto debe producir sin tener todavía tener la capacidad productiva suficiente. Por lo tanto, sobre exige a sus empleados induciéndolos a cometer aún más errores y liberando al mercado una gran cantidad de unidades defectuosas. Como consecuencia de esta gran cantidad de defectos pierde prácticamente todos sus clientes, teniendo una altísima capacidad ociosa

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

cuando finaliza su expansión, la cual consume sus últimos recursos. Esta dinámica se observa claramente en los siguientes gráficos:

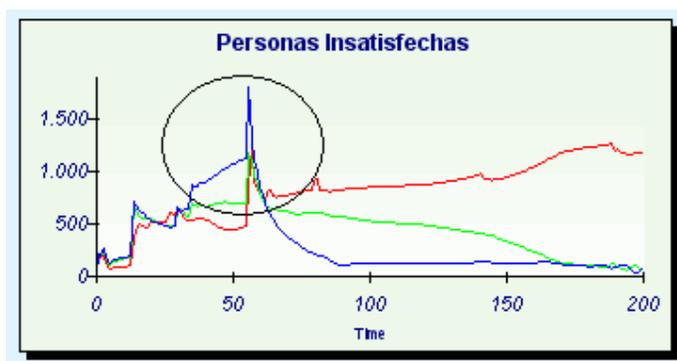


Gráfico 6.17. Evolución de las Personas Insatisfechas del Escenario 2

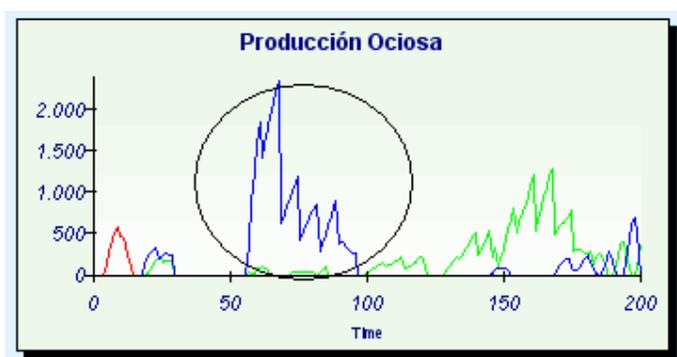


Gráfico 6.18. Evolución de la Producción Ociosa del Escenario 2

Finalmente, la extinción de la E 2 se debe a que la E 1 gana todos los clientes perdidos por la E 3 debido a la alta calidad y gran valor agregado de sus productos. Absorbiendo toda la clientela de la E 3, la E 1 incrementa considerablemente sus ingresos, realizando así más publicidad y mejorando su proceso, robando así clientela a la E 2, la cual comienza a tener capacidad ociosa y generar pérdidas.

6.3. Escenario 3

Variables y Parámetros:

- Demanda: 10.000 u. + Escalón (15.000 u. , Time = 30).
- Estrategias de Inversión: todos 60% Marketing.
- Estilos de Gestión:
 - E 1: muy reactivo (contratar: 2, expandir: 4, percepción: 8, Sseg: 5).
 - E 2: moderado (parámetros Standard).
 - E 3: muy conservador (contratar: 6, expandir: 12, percepción: 24, Sseg: 24).

La evolución del Market Share de este escenario se encuentra representada en el siguiente gráfico (6.19):

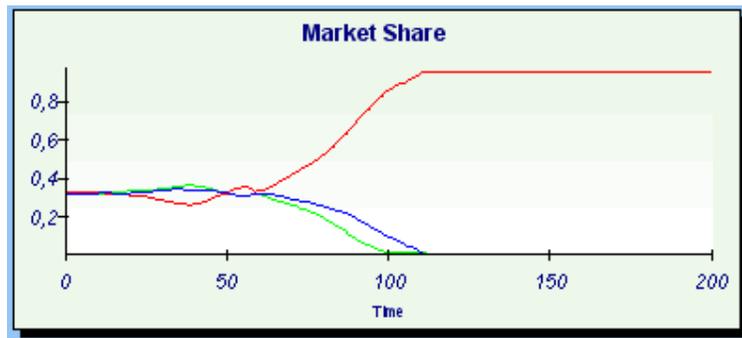


Gráfico 6.19. Evolución del Market Share del Escenario 3

Si se observa el gráfico 6.19 presentado se distinguen claramente dos instancias en la evolución del mercado, una primera instancia donde la empresa reactiva (E 1) pierde levemente participación, y una segunda instancia, luego del escalón de demanda, en la cual la E 1 se convierte en la empresa líder del mercado.

La pérdida de mercado de E 1 en la primera instancia responde a una dinámica simple: como esta empresa es la más reactiva, es la primera en contratar personal y aumentar su stock de seguridad, por lo tanto incurre en mayores gastos, quedando menos fondos para invertir en marketing. Esta menor publicidad se traduce en una leve pérdida del Market Share.

La segunda instancia responde a una dinámica más compleja, la cual responde a la presencia de diversos lazos y delays.

Ante el escalón de demanda, como las Empresas 2 y 3 tienen mayor participación en el mercado deben abastecer más clientes. Al no tener la capacidad productiva suficiente, lanzan un proyecto de expansión de planta y empleados acorde a esa nueva demanda. Pero en el transcurso de la expansión, como las E 2 y 3 proveen un bajo nivel de servicio, la E 1 recupera un gran número de clientes, lanzando ésta un proyecto de expansión más acorde a su nueva demanda debido a su mayor reacción.

Luego, cuando las Empresas 2 y 3 finalizan su expansión su nueva capacidad está sobredimensionada, ya que en el transcurso de la expansión la E 1 absorbió parte de la clientela. Como estas empresas reaccionan lentamente a los cambios de demanda, demoran bastante tiempo en ajustar su capacidad a la nueva demanda, incurriendo así grandes costos de capacidad ociosa y agotando las disponibilidades e inversiones. De esta manera las Empresas 2 y 3 van realizando cada vez menos publicidad y degradando sus procesos, extinguiendo así su presencia en el mercado.

Los efectos de los distintos tiempos de reacción se pueden ver en los siguientes gráficos de evolución:

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

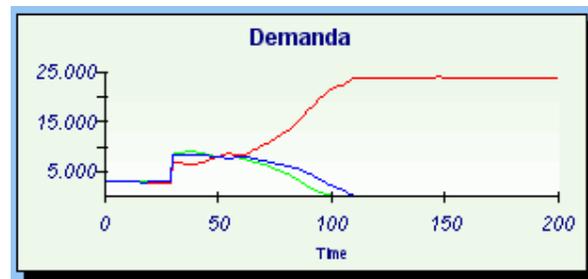


Gráfico 6.20. Evolución de la Demanda del Escenario 3



Gráfico 6.21. Evolución del Nivel de Servicio del Escenario 3

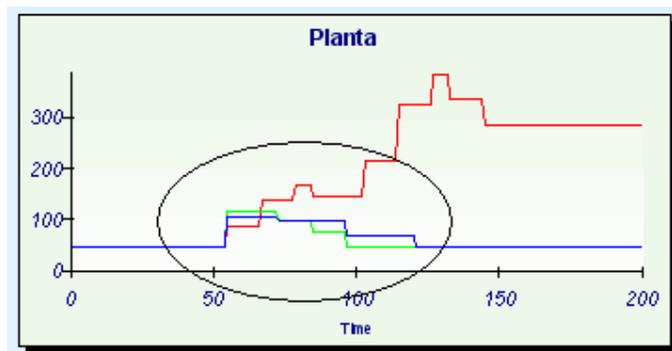


Gráfico 6.22. Evolución de la Capacidad de Planta del Escenario 3

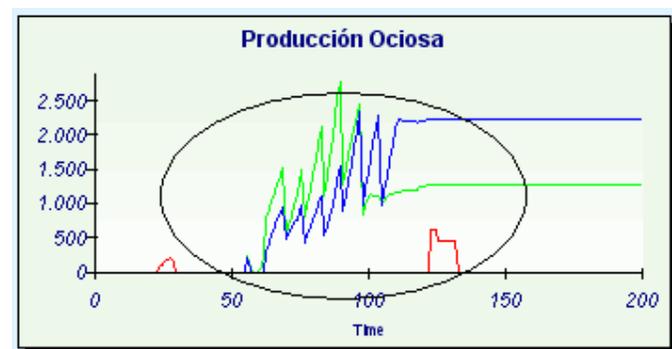


Gráfico 6.23. Evolución de la Producción Ociosa del Escenario 3

6.4. Escenario 4

VARIABLES Y PARÁMETROS:

- Demanda: $10.000u + \text{Escalón}(8.000u, \text{Time} = 30) + \text{Senoidal}(8.000u, \text{Time} = 50, \text{período } 12 \text{ meses})$.
- Estrategias de Inversión: todos 60% Marketing.
- Estilos de Gestión:
 - E 1: muy reactivo.
 - E 2: moderado.
 - E 3: muy conservador.
- Costos de expansión, mantenimiento y sueldos Standard.

La evolución del mercado para el presente escenario se encuentra representada en el siguiente gráfico (6.24):

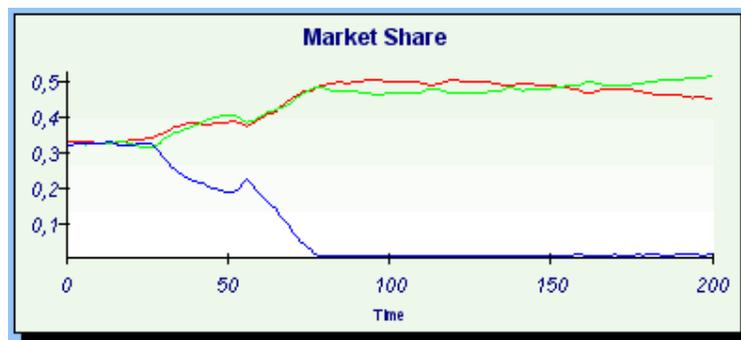


Gráfico 6.24. Evolución del Market Share del Escenario 4

Con el objetivo de analizar la dinámica del escenario, se segmentará el análisis en dos instancias, una primera instancia en la cual la empresa más conservadora (E 3) queda fuera de competencia, y una segunda instancia que comprende el análisis de la competencia entre la empresa reactiva (E 1) y la moderada (E 2) bajo una demanda oscilante.

Para explicar la decadencia de la empresa conservadora (E 3), hay que tener en cuenta dos factores: la rapidez con la que se adaptan a la demanda las tres empresas y la rapidez con la que ajustan su capacidad productiva a la óptima.

La empresa conservadora, debido a su gran inercia, no sólo tarda en beneficiarse de los nuevos clientes incorporados al mercado, sino que beneficia a la competencia cediéndole los mismos y luego demora en ajustarse a las reducciones, acarreado así

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

una gran inercia en el gasto. En los siguientes gráficos se puede observar este desfase entre capacidad productiva y demanda:

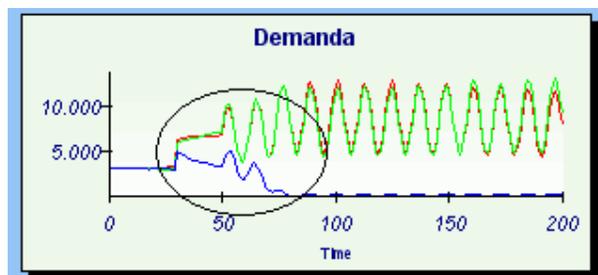


Gráfico 6.25. Evolución de la Demanda del Escenario 4

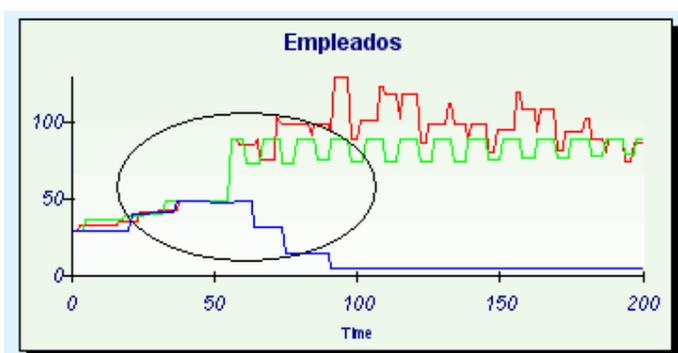


Gráfico 6.26. Evolución de los Empleados del Escenario 4

Esta inercia en el sistema productivo se traduce en inercia en el gasto, generando ineficiencia y un gran costo de oportunidad de invertir tanto en Marketing como I+D. Lo más importante es que esta inercia no sólo perjudica a E 3, sino que potencia otro lazo de realimentación que acelera su extinción. Para comprender mejor este efecto se presenta el siguiente diagrama causal (Gráfico 6.27):

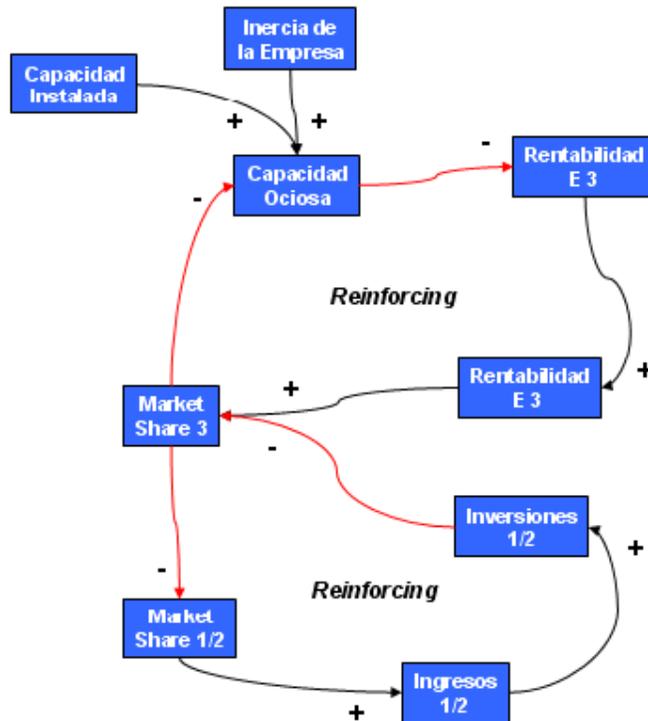


Gráfico 6.27. Diagrama causal del Escenario 4

En el diagrama casual presentado puede observarse que el sistema está compuesto por dos lazos del tipo Reinforcing que se realimentan positivamente el uno al otro. La criticidad de estos lazos está gobernada por dos variables: la Capacidad Instalada y la Inercia de la Empresa. Esto significa que cuanto mayor se la capacidad instalada y menor el tiempo de respuesta de la empresa, mayor será la realimentación y más rápida la pérdida de mercado de la empresa. En el caso de la Empresa 3, una gran inercia de la misma es el factor detonante.

A continuación, en una segunda instancia se analizará la competencia entre la Empresa 2 (moderada) y la Empresa 1 (reactiva) bajo una demanda oscilante. Para comenzar con el análisis se presentan los gráficos de evolución de la Capacidad de Planta y Empleados de ambas empresas:

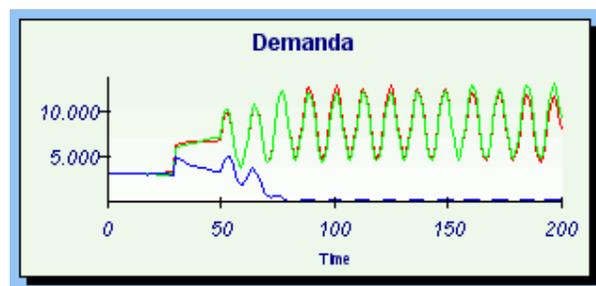


Gráfico 6.28. Evolución de la Demanda del Escenario 4

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

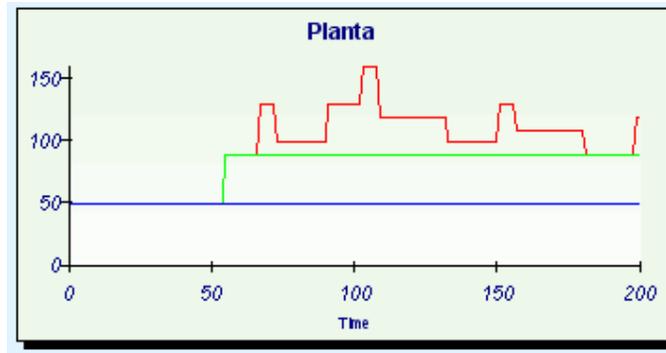


Gráfico 6.29. Evolución de la Capacidad de Planta del Escenario 4

A priori, observando los gráficos, se pueden extraer tres conclusiones:

- La Empresa Moderada (E2) obtiene una leve ventaja de demanda respecto de la Empresa Reactiva (E1).
- La Empresa Reactiva realiza sucesivas expansiones y reducciones de su planta, lo cual es ineficiente, mientras que la Empresa Moderada realiza una única expansión con el primer escalón de demanda.
- La cantidad de Empleados de la Empresa Reactiva es superior sin obtener ningún beneficio en cuanto a resultados.

Si se extendiese el tiempo de simulación, a largo plazo la Empresa Reactiva se extinguiría del mercado, quedándose con la totalidad la Empresa Moderada. Esto se debe a que al expandirse y contraerse permanentemente incurre en dos tipos de costos: costos de oportunidad de inversión y costos de contratación, construcción, indemnización y ventas. En el escenario siguiente se analizará la evolución de las mismas empresas pero subiendo los costos de construcción, contratación e indemnización para ver potenciado este efecto.

Resulta interesante analizar para la Empresa Moderada la correlación entre el Nivel de Error y el Nivel de Servicio. Como fue mencionado previamente, la Empresa Moderada no realiza grandes expansiones y reducciones, por lo tanto cuando la demanda oscilante alcanza su punto máximo debe hacer frente a la misma con una capacidad productiva inferior. Por lo tanto, el Nivel de Servicio decae y como la empresa exige a sus empleados al máximo, la fatiga se incrementa induciendo mayor error. Esta correlación se puede observar en los gráficos a continuación:

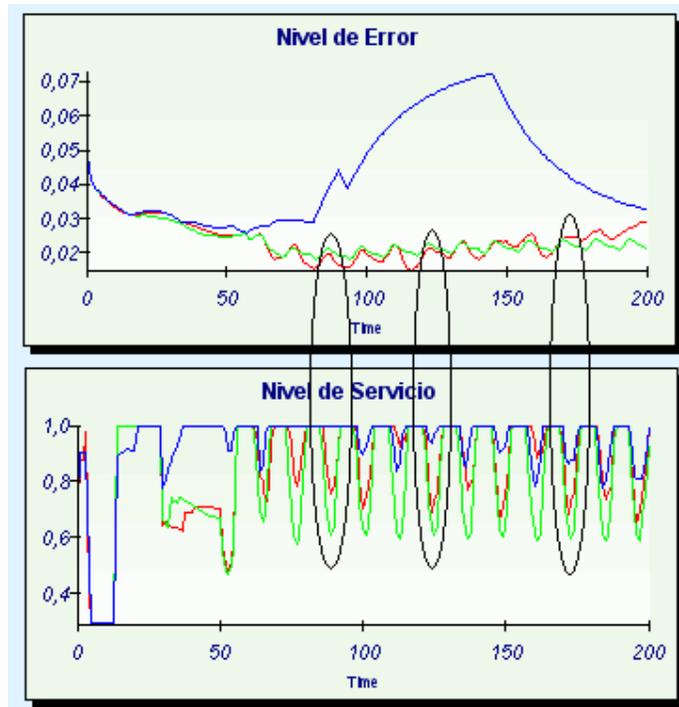


Gráfico 6.30. Evolución del Nivel de Error del Escenario 4

6.5. Escenario 5

VARIABLES Y PARÁMETROS:

- Demanda y Estilos de Gestión: Idem. Escenario 4.
- Costos:
 - Costo HH: 0.8 \$/HH (vs. 0.5 std.)
 - Costo Mantenimiento de Planta: 200 \$/módulo (vs. 100 std.)
 - Costo Construcción Módulo: 4.000 \$/módulo (vs. 1.000 std.)

En el gráfico a continuación se presenta la evolución del Market Share del presente escenario:



Gráfico 6.30. Evolución del Market Share del Escenario 5

Solo un vistazo al gráfico de evolución es suficiente para resaltar dos diferencias respecto al escenario anterior: la Empresa moderada (E2) que había sido líder del mercado ahora se posiciona última, y la Empresa conservadora (E3) que había sido extinguida ahora se torna líder del mercado.

El escenario se analizará en dos instancias: una primera instancia en la cual la Empresa moderada (E2) pierde gran participación en el mercado, y una segunda instancia donde comienza la decadencia de la Empresa reactiva (E1) y la Empresa conservadora se consolida como líder.

Para explicar la dinámica de la primera instancia, es conveniente comenzar analizando la evolución de las Inversiones representada en el Gráfico 6.31 a continuación:

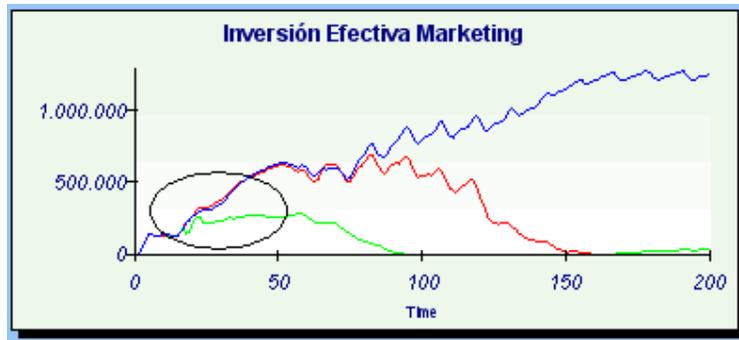


Gráfico 6.31. Evolución de la Inversión en Marketing del Escenario 5



Gráfico 6.32. Evolución de la Ganancia de Mercado por Marketing del Escenario 5

Se observa que el comienzo de la pérdida de participación en el mercado es originado por una menor inversión en Marketing. Si las tres empresas tienen la misma Estrategia de Inversión, debe haber algún destino de fondos adicional que disminuye las inversiones y no retribuye ganancias inmediatas a la Empresa 2.

Analizando la curva de la Capacidad Productiva de las empresas se detectan tres posturas: la Empresa reactiva que se expande inmediatamente acorde a sus necesidades, la Empresa conservadora que no se expande, y la Empresa moderada (E2) que se expande pero no con exactitud a sus necesidades, por lo tanto es la única que sufre de capacidad ociosa. Al haber subido los costos fijos, esa capacidad ociosa representa un flujo de fondos muy alto, quedando luego así la empresa sin los fondos necesarios como para expandir la planta y abastecer la nueva demanda, cediendo clientes e ingresos a la competencia. Este ajuste desfasado entre Demanda y Capacidad Productiva se puede observar en los siguientes gráficos:

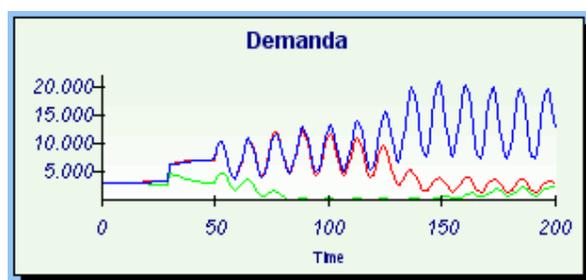


Gráfico 6.33. Evolución de la Demanda del Escenario 5

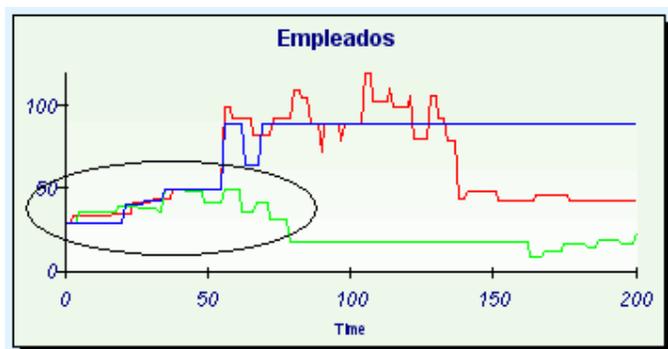


Gráfico 6.34. Evolución de los Empleados del Escenario 5

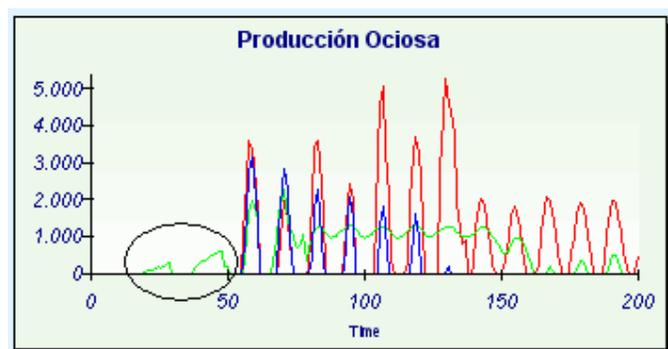


Gráfico 6.35. Evolución de la Producción Ociosa del Escenario 5

La dinámica de la segunda instancia involucra cuatro lazos principales: la Capacidad Productiva, las Inversiones, el Nivel de Error y la Calidad.

Este escenario no permite un margen de error en lo que a planificación de la Capacidad Productiva se refiere. Cuando entra en juego la demanda oscilante, la Empresa comete errores graves en el ajuste de su capacidad. Esto se produce porque cuando la demanda crece dentro de un período, la empresa requiere más capacidad y dispara un proceso de expansión, el cual toma un cierto tiempo en concretarse (contratar empleados, construir módulos). Para cuando la expansión se concreta, la demanda ya alcanzó su punto máximo y comienza a decrecer, generando capacidad ociosa y disparando un proceso de reducción. Para cuando la empresa se reduce, la demanda comienza a crecer y la empresa está subdimensionada, ofreciendo un bajo nivel de servicio y fatigando a sus

empleados. El ciclo continúa hasta que la empresa agota sus disponibilidades y pierde todos sus clientes. Este efecto se encuentra representado en el siguiente gráfico:

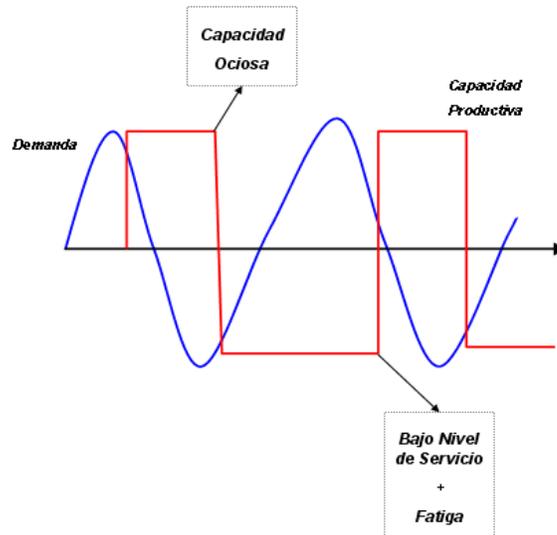


Gráfico 6.36. Oscilación de la Demanda y la Capacidad Productiva

Finalmente, a continuación se presenta el diagrama causal que acelera la pérdida de clientes por parte de la Empresa reactiva (E1).

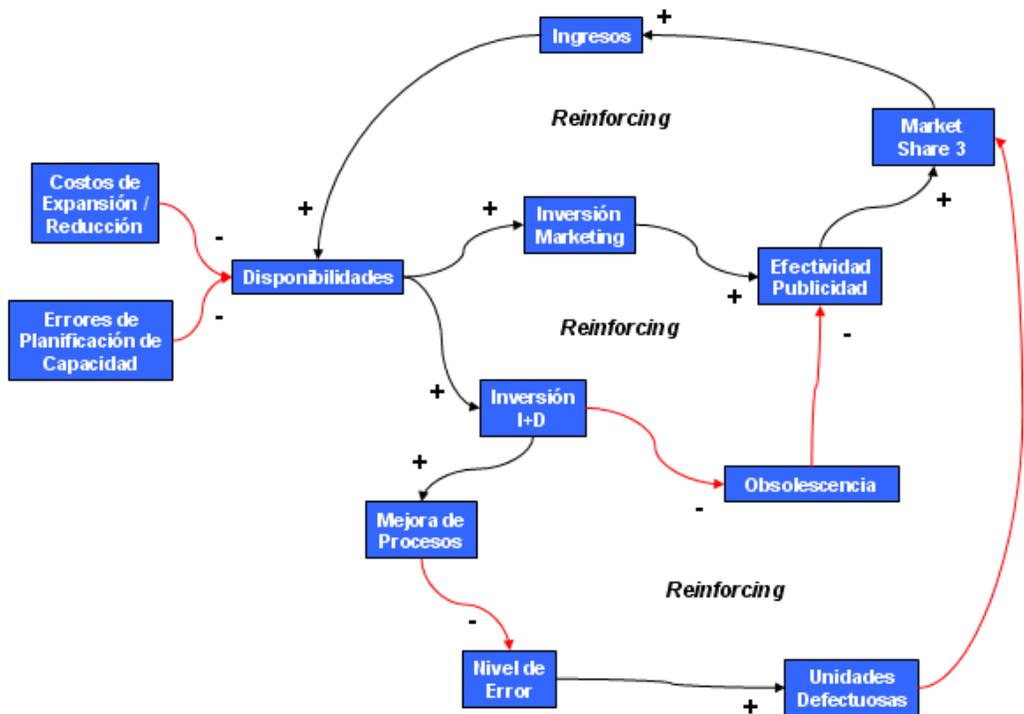


Gráfico 6.37. Diagrama causal del Escenario 5

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

La dinámica representada en el diagrama causal 6.37 es la siguiente: los Errores de Planificación de Capacidad sumados a unos altos Costos disminuyen las Disponibilidades de la Empresa 1, lo que se traduce en una reducción de las Inversiones tanto de Marketing como I+D. La reducción de Inversiones en Mkt disminuye la Efectividad de la Publicidad, traduciéndose en menores Ventas y, por ende, Ingresos. A su vez, las menores Inversiones en I+D paralizan la Mejora del Proceso, el cual se degrada incrementando su Nivel de Error, aumentando las Unidades Defectuosas y ocasionando la pérdida de Clientes. Por último, las menores Inversiones en I+D se traducen en menor Innovación, llevando el producto a la Obsolescencia y disminuyendo la Efectividad de la Publicidad, penalizando nuevamente las Ventas.

En resumen, el sistema está gobernado por tres lazos acoplados positivamente, los cuales afectan negativamente las Disponibilidades y el Market Share de la Empresa reactiva (E1).

Es interesante analizar la planificación de la Capacidad Productiva de la Empresa conservadora (E3), la cual se puede observar en el Gráfico 6.34. Se observa que una vez que comienza a oscilar la demanda, la Empresa 3 mantiene constante la cantidad de empleados. Esto sucede porque la planificación de su capacidad productiva tiene un horizonte de 1 año, es decir, debe percibir durante un año entero la necesidad de expandirse para disparar el proceso. Como el período de la oscilación de la demanda es de 12 meses, durante el transcurso de 1 año la empresa percibe tanto sobrecapacidad como subcapacidad, no siendo condición suficiente para lanzar un plan de expansión o reducción. Si el período de la oscilación fuese mayor o igual a 2 años, la empresa se expandiría y reduciría constantemente.

6.6. Escenario 6

Variables y Parámetros:

- Demanda: $10.000u + \text{Escalón}(10.000u, \text{Time} = 30)$
- Estrategias de Inversión: default.
- Precio: 40 \$/unidad (vs. 55 std.)
- Cliente:
 - Su decisión es muy susceptible a la Publicidad (Sens. Mkt: 0.15 vs. 0.05 std.)
 - Muy social (le cuenta su experiencia a 9 personas vs. 5 personas std.).
 - Su concepción de una marca depende mucho de la calidad de la última compra (Ponderación defectos cercanos: 8 vs. 2 std.).

El gráfico de evolución del Market Share del presente escenario es el siguiente:

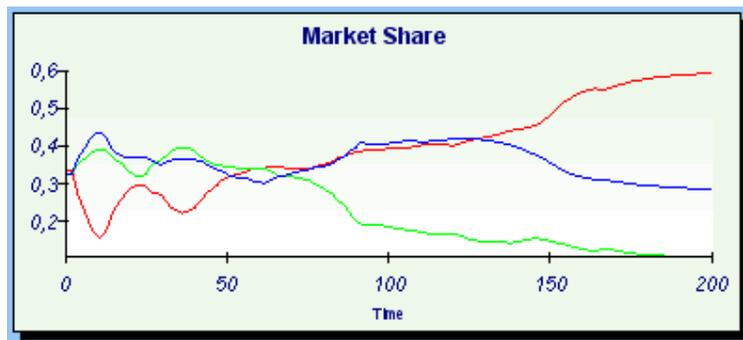


Gráfico 6.38. Evolución del Market Share del Escenario 6

En el gráfico 6.38 se pueden distinguir tres instancias en el proceso de competencia: una primera instancia donde la Empresa 1 pierde participación en el mercado por su baja inversión en publicidad, una segunda instancia donde comienzan a decaer las ventas de la Empresa 2, y una tercer instancia donde la Empresa 1 finalmente toma el liderazgo del mercado.

Sobre la primera instancia no hay gran complejidad, la Empresa 1 pierde gran participación en el mercado porque no lanza una campaña publicitaria fuerte, y como el cliente es muy sensible al Marketing inclina su compra por las otras marcas.

La causa de la decadencia de la Empresa 2 en una segunda instancia es que no se destaca ni por una agresiva publicidad, ni por una gran calidad de sus productos. Cuando tiene que afrontar un incremento fuerte de demanda, lanza un plan de expansión de su capacidad productiva, pero mientras debe afrontar la demanda con la capacidad actual sobre exigiendo a sus empleados. Así comienza a producir una gran cantidad de artículos defectuosos, motivo por el cual cede participación en el mercado contra productos de alta calidad como son los de la Empresa 1, y cuando concreta su expansión, debe afrontar una importante capacidad ociosa. Este factor, sumado a una caída de sus inversiones marca la lenta decadencia de la Empresa 2.

Finalmente, el efecto más importante del mercado ocurre cuando las Empresas 1 y 3 compiten por el liderazgo. En esta tercera instancia, ambas empresas absorben por igual los clientes cedidos por la Empresa 2, estableciéndose una ardua lucha por el liderazgo con dos estrategias antagónicas: la Empresa 1 basada en la I+D, y la Empresa 3 basada en el Marketing.

En este momento juega un papel fundamental el Nivel de Sociabilidad del cliente, es decir, a cuántas personas les cuenta su experiencia con el producto. Este factor genera un efecto de “boomerang”, ya que al incrementar la Empresa 3 sus Ventas, si bien aumentan sus Ingresos, también aumentan sus unidades defectuosas hasta llegar a una masa crítica donde la cantidad de personas que se enteran de malas experiencias es tal que se produce un “efecto red” que genera un descontento generalizado hacia la

SIMULACIÓN: MERCADO DE LIBRE COMPETENCIA

Empresa 3. Este “efecto red” es el que limita el crecimiento de la Empresa 3, se puede visualizar más claramente en el siguiente diagrama causal:

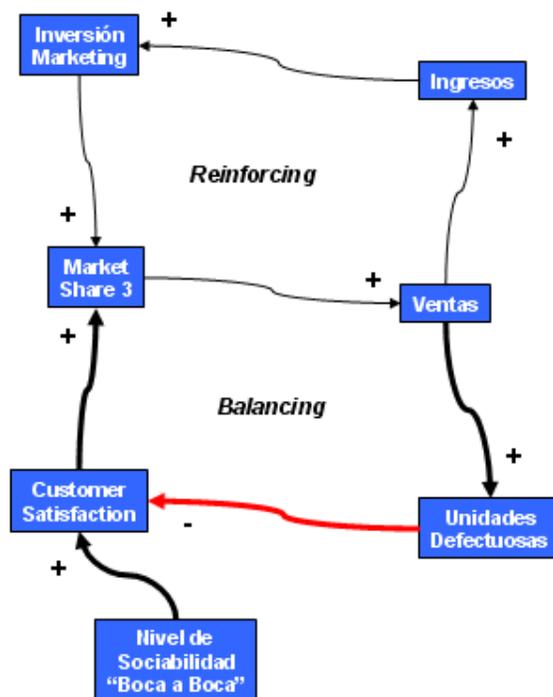


Gráfico 6.39. Diagrama causal del “Efecto Boomerang” del Escenario 6

Este efecto “boomerang” afecta a la Empresa 3 porque es la que menos invierte en I+D, o sea, en Mejora de Procesos, por lo tanto su Nivel de Error es mayor. La penalización en el Market Share hace que la Empresa 3 deba afrontar una capacidad ociosa, disminuyendo así sus ingresos y por ende su publicidad. En los siguientes gráficos se puede observar tanto la Cantidad de Clientes Insatisfechos de las empresas como la Capacidad Ociosa:

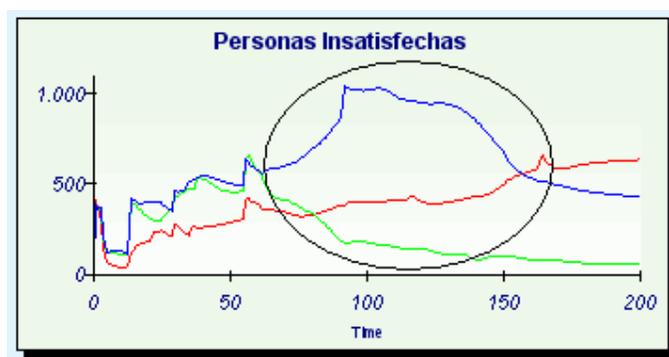


Gráfico 6.40. Evolución de las Personas Insatisfechas del Escenario 6

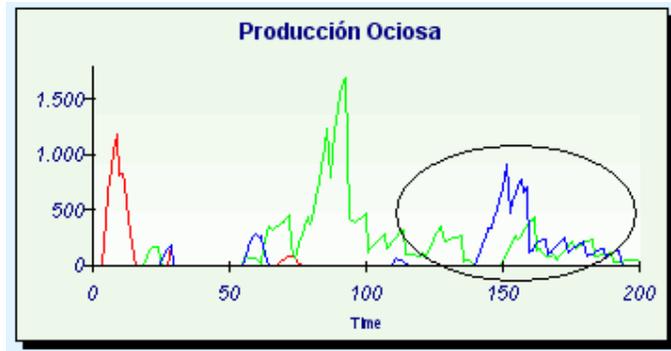


Gráfico 6.41. Evolución de la Producción Ociosa del Escenario 6

7. CONCLUSION

En el transcurso del presente trabajo se pudo contemplar el enorme potencial de la Simulación tanto como herramienta de gestión como de planeamiento estratégico. También se demostró la gran complejidad el análisis de la evolución de un modelo, el cual requiere tanta profundidad como complejidad del modelo. En este caso el análisis fue acompañado por el conocimiento teórico de la Dinámica de Sistemas, basada en el pensamiento sistémico.

En el comienzo del trabajo se había mencionado sobre la posibilidad de modelizar tanto las tradicionales variables hard (producción, stock, defectos,...) como las conductas humanas (estilos de gestión, comportamiento del cliente, fatiga...). Este mix de variables hard – soft permitió simular una gran variedad de escenarios, todos ellos con una complejidad y un desenlace bien diferenciado. Se comenzó analizando la evolución de las empresas con distintas estrategias de inversión, luego se analizó la efectividad de los distintos estilos de gestión bajo diversos escenarios económicos, y finalmente se evaluaron las distintas estrategias de inversión cambiando los parámetros del comportamiento del cliente.

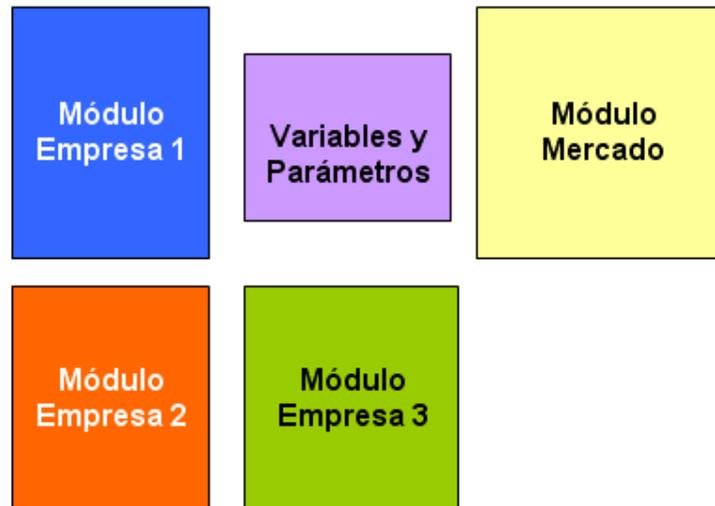
Luego de analizar los diversos escenarios se observa que no hubo una estrategia en particular cuyo éxito haya predominado, si bien tampoco era el objetivo del trabajo. La gran complejidad del modelo hizo que fuera necesario analizar cada escenario por etapas ya que los lazos que gobernaban cada sistema iban cambiando con el tiempo. Esto demuestra la gran complejidad de los sistemas dinámicos donde las relaciones causa-efecto no son lineales, sino que varias causas determinan varios efectos y estos a se vez realimentan las causas. Predecir a priori el comportamiento de estos sistemas se vuelve casi imposible, pero con la ayuda del modelo, en el cual se vuelcan las características de un sistema real en forma de parámetros, se dispone de una herramienta muy poderosa para evaluar las posibles estrategias.

Tal como se mencionó al plantear los escenarios, la cantidad de combinaciones posibles para crear distintos escenarios tiende a infinito. Por lo tanto, queda abierto el camino para analizar una gran cantidad de escenarios adicionales. Pero donde queda abierto el camino para un trabajo mucho más desafiante es en incrementar su fidelidad y complejidad de manera tal que sea posible aplicarlo a un mercado de la vida real. Otro aspecto interesante para agregar al modelo sería un sistema financiero, donde cada empresa pudiera elegir entre realizar inversiones o depositar el dinero para obtener intereses, o solicitar un préstamo por ejemplo en el caso de necesitar urgente realizar una expansión de planta o comprar materia prima.

8. ANEXOS

8.1. Mapa de Layout del Modelo de Powersim

A continuación se presenta el layout del modelo de Powersim para facilitar el análisis del mismo. En el modelo se pueden identificar los módulos con los mismos colores del layout presentado.



9. BIBLIOGRAFÍA

- Sterman, John. 2000. *Buisness Dynamics*. Mc Graw Hill.