

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Sistema de Distribución: Caso Distribución de GLP”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentada por:

Juan Carlos Asanza Figueroa

Adolfo Daniel Salcedo Maldonado

Tatiana Denisse Acosta Crow

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

A Dios, a nuestros padres y a todas las personas que de uno u otro modo ayudaron a la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Jorge Abad, Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

DEDICAMOS ESTE
PROYECTO CON
MUCHO AMOR
NUESTROS PADRES

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP

Ing. Jorge Abad M.
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Kléber Barcia V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Adolfo Daniel Salcedo Maldonado

Juan Carlos Asanza Figueroa

Tatiana Dense Acosta Crow

RESUMEN

En el presente proyecto se analizará uno de los efectos más conocidos y más difíciles de evitar, que puede afectar a las cadenas de distribución de todo tipo de industria: el Efecto Látigo o Efecto Bullwhip. El Efecto Látigo afecta a las cadenas de distribución que se manejan con proyecciones de la demanda de su cliente inmediato, y cuyas empresas buscan optimizar únicamente su propio funcionamiento, en lugar de buscar el óptimo de toda la cadena.

El Efecto Látigo indica básicamente que un pequeño cambio en el patrón de la demanda del cliente, provoca un cambio cada vez mayor de la demanda de cada eslabón de la cadena, a medida que este se aleja del cliente. Esto quiere decir que cada pequeño cambio en la demanda del cliente genera un cambio mucho mayor de la demanda que llega a la fábrica, lo que hace que los datos de demanda de la fábrica estén muy lejos de lo que en realidad necesita el cliente. Esto hace que la fábrica tenga épocas en las que su producción será muy alta y otras en las que será muy baja, además de obligarla a tener un inventario de seguridad excesivo. Mientras más grande sea la empresa, y por lo tanto su cadena de distribución, mayor será el impacto del Efecto.

Para realizar el análisis de este Efecto, se elaboró un caso de estudio, en el cual se simula una competencia entre 2 cadenas de distribución, con iguales condiciones iniciales y costos de funcionamiento. El objetivo es que los estudiantes puedan visualizar cómo se produce el Efecto, a causa de sus decisiones basadas en la intuición. Al finalizar el juego, el estudiante deberá ser capaz de identificar las razones por las cuales se generó el Efecto Bullwhip en su cadena, y la forma de evitar que suceda.

El proyecto se desarrolló en 3 fases. En la primera fase se revisó la parte teórica del Efecto: las causas que lo originan, las formas de aminorar o eliminar su efecto y los casos de estudio existentes.

En la segunda fase, se definieron las reglas del caso de estudio, los indicadores a llevar, el producto a utilizar, la forma en que se desarrollaría la simulación, y demás características determinantes para su correcto funcionamiento. El producto que se eligió para el caso de estudio fue el cilindro de gas, dado que es un producto de consumo masivo y tiene una cadena de distribución perfecta para el estudio del Efecto Látigo. Durante esta fase se elaboraron la maqueta beta y la maqueta final, con las cuales se desarrollaron corridas de prueba, las cuales ayudaron a determinar las correcciones que eran necesarias para obtener los resultados deseados.

En la tercera fase, se desarrolló la simulación con estudiantes de la FIMCP en las instalaciones de la facultad.

El objetivo final del proyecto, es que los estudiantes de Pregrado y Postgrado que tomen parte del caso de estudio en el futuro aprendan sobre las causas, consecuencias y soluciones del Efecto Látigo de una forma visual y práctica, facilitando así este aprendizaje.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GERENALIDADES DEL PROYECTO.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Metodología.....	6
1.4. Estructura del proyecto	11

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DEL CANAL DE DISTRIBUCIÓN	12
2.1 Producto.....	13
2.2 Sistema de Distribución.....	14
2.3 Flujo de demanda y flujo de información.....	20
2.4 Tablero de simulación.....	24
2.5 Características de los participantes.....	27
2.6 Indicadores de desempeño.....	30
2.7 Sistema de control.....	31

CAPÍTULO 3

3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN: CASO DE ESTUDIO.....	35
3.1 Caso: Distribución de GLP-Springfield.....	35
3.2 Reglas.....	43
3.3 Hojas de registro.....	102
3.4 Documentos de apoyo.....	102
3.5 Presentación de resultados.....,	103

CAPÍTULO 4

4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	125
4.1	Conclusiones.....	125
4.2	Recomendaciones.....	128

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

Producc.	Producción
L1	Línea 1
L2	Línea 2
L3	Línea 3
PVP	Precio de Venta

.....

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Metodología del proyecto	6
Figura 2.1.	Fichas representativas de cilindros de GLP.....	14
Figura 2.2.	Canal de distribución.....	15
Figura 2.3.	Distribución de la demanda de consumidores finales.....	22
Figura 2.4.	Áreas de los tableros de juego.....	25
Figura 2.5.	Fichas de pedido al proveedor y órdenes de producción....	26
Figura 3.1	Ubicación de los participantes.....	45
Figura 3.2	Ficha pedido-despacho (Cliente-Tienda).....	46
Figura 3.3	Obtener demanda del consumidor final.....	47
Figura 3.4	Generar pedido a la Tienda.....	48
Figura 3.5	Ordenar el producto.....	48
Figura 3.6	Ficha pedido-despacho (Tienda-Minorista).....	49
Figura 3.7	Ficha pedido-despacho (Cliente-Tienda).....	50
Figura 3.8	Hoja de Control de la Tienda.....	52
Figura 3.9	Posición inicial.....	53
Figura 3.10	Movimiento de producto en tránsito.....	54
Figura 3.11	Despacho al Cliente.....	54
Figura 3.12	Información para el Cliente.....	55
Figura 3.13	Información del desempeño de la Tienda.....	56
Figura 3.14	Generar pedido al Minorista.....	57
Figura 3.15:	Ficha pedido-despacho (Minorista-Mayorista).....	58
Figura 3.16.	Ficha pedido-despacho (Tienda-Minorista).....	59
Figura 3.17.	Hoja de Control del Minorista.....	61
Figura 3.18	Posición inicial.....	62
Figura 3.19	Movimiento de producto en tránsito.....	63

Figura 3.20	Despacho a la Tienda.....	63
Figura 3.21	Información para la Tienda.....	64
Figura 3.22	Información del desempeño del Minorista.....	65
Figura 3.23:	Generar pedido al Mayorista.....	66
Figura 3.24	Ficha pedido-despacho (Mayorista-Regional.....	67
Figura 3.25	Ficha pedido-despacho (Minorista-Mayorista).....	68
Figura 3.26	Hoja de Control del Mayorista.....	70
Figura 3.27	Posición inicial.....	71
Figura 3.28	Movimiento de producto en tránsito.....	72
Figura 3.29	Despacho al Minorista.....	72
Figura 3.30	Información para el Minorista.....	73
Figura 3.31	Información del desempeño del Mayorista.....	74
Figura 3.32	Generar pedido al Regional.....	75
Figura 3.33	Ficha pedido-despacho (Regional-Fábrica).....	76
Figura 3.34	Ficha pedido-despacho (Mayorista-Regional).....	77
Figura 3.35	Hoja de Control del Regional.....	79
Figura 3.36.	Posición inicial.....	80
Figura 3.37.	Movimiento de producto en tránsito.....	81
Figura 3.38.	Despacho al Mayorista.....	81
Figura 3.39	Información para el Mayorista.....	82
Figura 3.40	Información del desempeño del Regional.....	83
Figura 3.41	Generar pedido a la Fábrica.....	84
Figura 3.42	Ficha orden de producción.....	85
Figura 3.43	Ficha pedido-despacho (Regional-Fábrica).....	86
Figura 3.44	Hoja de Control de la Fábrica.....	88
Figura 3.45	Posición inicial.....	89

Figura 3.46	Movimiento de producto en tránsito.....	90
Figura 3.47	Despacho al Regional.....	90
Figura 3.48	Información para el Regional.....	91
Figura 3.49	Información del desempeño de la Fábrica.....	92
Figura 3.50	Generar pedido a Producción.....	93
Figura 3.51	Ficha de orden de producción.....	94
Figura 3.52	Ficha de órdenes de producción.....	95
Figura 3.53	Despacho a la Fábrica.....	96
Figura 3.54	Información para la Fábrica.....	97
Figura 3.55	Información del desempeño de Producción.....	98
Figura 3.56.	Stock final por turno línea	103
Figura 3.57.	Demanda cliente-tienda línea.....	106
Figura 3.58	Demanda tienda-minorista línea 1.....	107
Figura 3.59.	Demanda minorista-mayorista línea 1.....	107
Figura 3.60.	Demanda mayorista-regional línea 1.....	108
Figura 3.62.	Demanda por turno-propuesta.....	110
Figura 3.63.	Demanda cliente-tienda línea 1.....	112
Figura 3.64.	Demanda cliente-minorista línea	113
Figura 3.65.	Demanda cliente-mayorista línea 1.....	114
Figura 3.66.	Demanda cliente-regional línea 1.....	114
Figura 3.67.	Demanda cliente-fábrica línea 1.....	115
Figura 3.68.	Stock tienda línea1- propuesta.....	116
Figura 3.69.	Stock minorista línea1- propuesta.....	116
Figura 3.70.	Stock mayorista línea1- propuesta.....	117
Figura 3.71.	Stock regional línea 1- propuesta.....	117
Figura 3.72.	Stock fábrica línea 1- propuesta.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Definición de costos de la línea de distribución.....	18
Tabla 2	Costos por eslabón.....	99
Tabla 3	Estado de pérdidas y ganancias línea 1.....	104
Tabla 4	Flujo de caja línea 1.....	104
Tabla 5	Nivel de servicio línea 1.....	105
Tabla 6	Desfase correcto de las demandas.....	110
Tabla 7	Varianzas de las demandas de la simulación (30 turnos)...	111
Tabla 8	Comparación de inventarios promedios.....	118
Tabla 9	Indicador Bullwhip etapa 1 de la simulación.....	121
Tabla 10	Indicador Bullwhip de la solución óptima.....	122
Tabla 11	Resultados etapa 1.....	123
Tabla 12	Mejora vs. Óptimo	124

INTRODUCCIÓN

En la presenta tesis se desarrolla un caso de estudio llamado Distribución de GLP, el cual tiene el propósito de ayudar al estudiante a estudiar y comprender el Efecto Látigo de una manera interactiva mediante la simulación de la administración de inventario en una Cadena de Distribución.

El trabajo inicia con la investigación de lo que es el Efecto Látigo y sus causas, para luego desarrollar las condiciones y reglas de la simulación y diseñar un tablero que cumpla con los requerimientos de la Cadena de Distribución.

Durante el desarrollo del caso, se realizan varias corridas betas, para validación de los parámetros establecidos. Finalmente se corre una simulación final, para obtener resultados de datos y gráficos que permitan demostrar la generación del Efecto Látigo en una Cadena de Distribución.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

La continua eliminación de las fronteras para los negocios, la globalización y el nivel de competencia al que han llegado las compañías, han hecho que, para ser líderes y referentes en su negocio, éstas ya no puedan simplemente competir y compararse con las compañías competidoras. La competencia actual demanda que las empresas aprendan a estudiar y analizar su cadena de distribución como un todo, para entonces sí poder saber en qué condiciones se encuentra con respecto a la cadena de distribución de la competencia.

La búsqueda de óptimos globales y no óptimos locales ha traído consigo el descubrimiento de nuevos efectos que antes eran totalmente desconocidos, y que por lo tanto deben ser estudiados y

entendidos, para así poder enfrentarlos y eliminar o disminuir al mínimo sus efectos negativos en la cadena de distribución.

En el presente proyecto, se va a analizar uno de estos efectos: el Efecto Bullwhip, también conocido como Efecto Látigo o Efecto Forrester. El Efecto Bullwhip estudia uno de los principales problemas de la cadena logística: el inventario. La mala comunicación entre los eslabones de la cadena y las equivocadas políticas de inventario generan un faltante de los productos más demandados por el mercado y un sobrante de los productos que éste no requiere. Esto se debe principalmente a la búsqueda de las compañías de su óptimo local, en lugar del óptimo global de la cadena.

En Wikipedia se define al efecto Bullwhip como un fenómeno observado en las cadenas de distribución manejadas mediante pronósticos, provocado porque la demanda de los clientes es rara vez estable y los pronósticos, poco exactos. Indica además como algunas de sus consecuencias, a inventarios de seguridad más altos, una producción ineficiente e inventarios excesivos, incluso pudiendo llegar a contrataciones y despidos innecesarios, para poder cubrir la demanda variable del cliente.

El portal de negocios IESE Insight, en un artículo para la comunidad MateriaBiz, indica que el Efecto se produce en grandes empresas “debido a su complejidad y a sus numerosos niveles de planificación”, y que “puede echar abajo la eficiencia operativa y tener efectos perjudiciales, como tiempos de producción más largos, retrasos en los pedidos y una imprevisión general”.

La revista Cepade de España, añade que “la distorsión de la demanda (...) se amplifica aún más debido a (...) la lotificación de pedidos, la fluctuación de precios de los productos y al racionamiento y escasez de productos terminados”.

Por todas estas razones, se ha orientado este proyecto a proveer a los estudiantes de pregrado y postgrado, una visualización práctica de las causas raíz de este efecto y sus consecuencias en la cadena, mediante el desarrollo de un caso de estudio y una cadena de distribución académica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Realizar un caso de estudio que forme parte de una “Cadena de Distribución Académica”, mediante el cual los estudiantes de Pregrado y Postgrado aprendan de forma visual, interactiva y dinámica sobre el Efecto Bullwhip o Efecto Látigo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar las razones por las cuales se genera el Efecto Látigo.

- b) Reconocer las consecuencias del Efecto Látigo en la cadena de distribución.

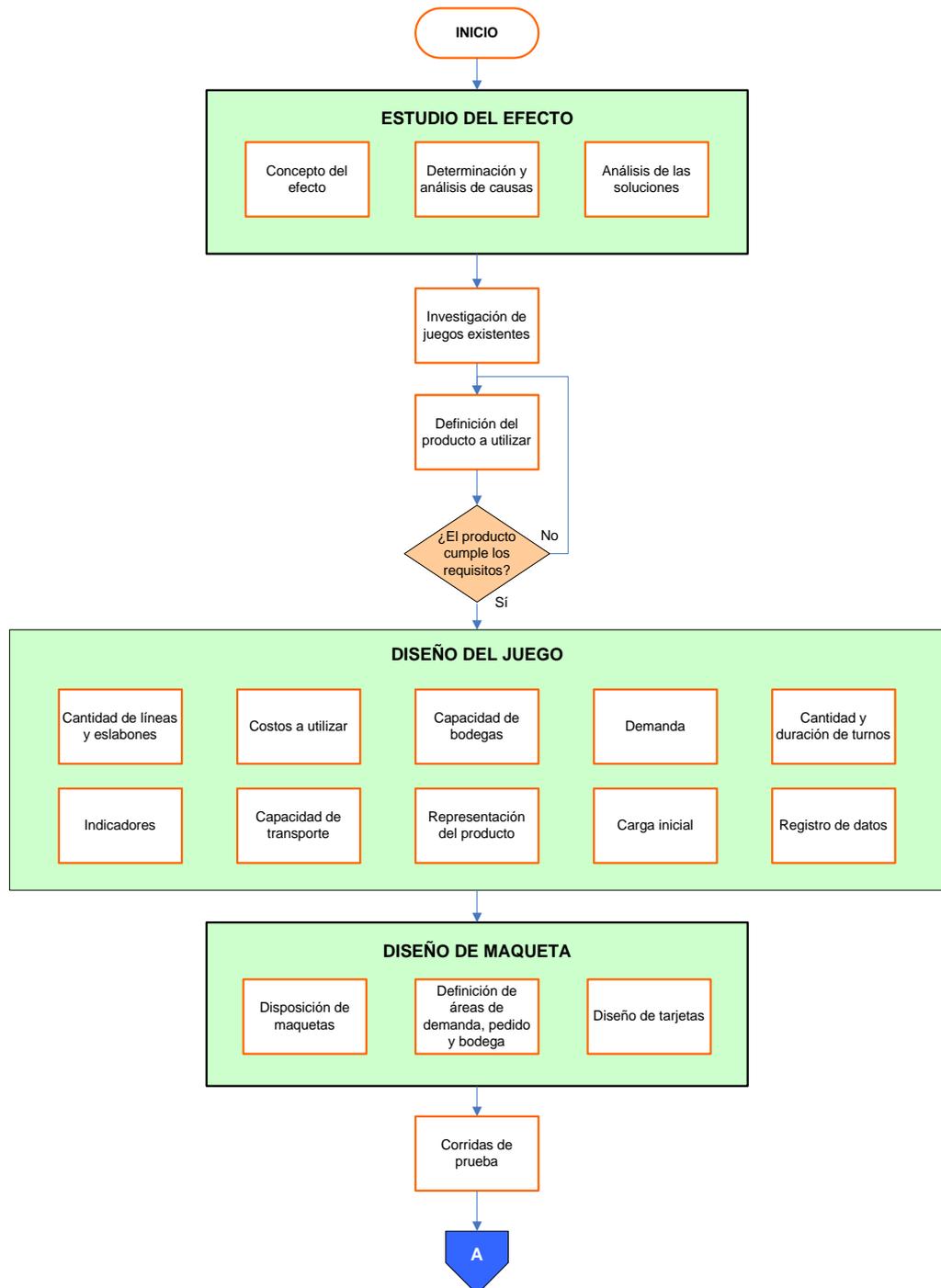
- c) Aprender formas de eliminar o disminuir este efecto.

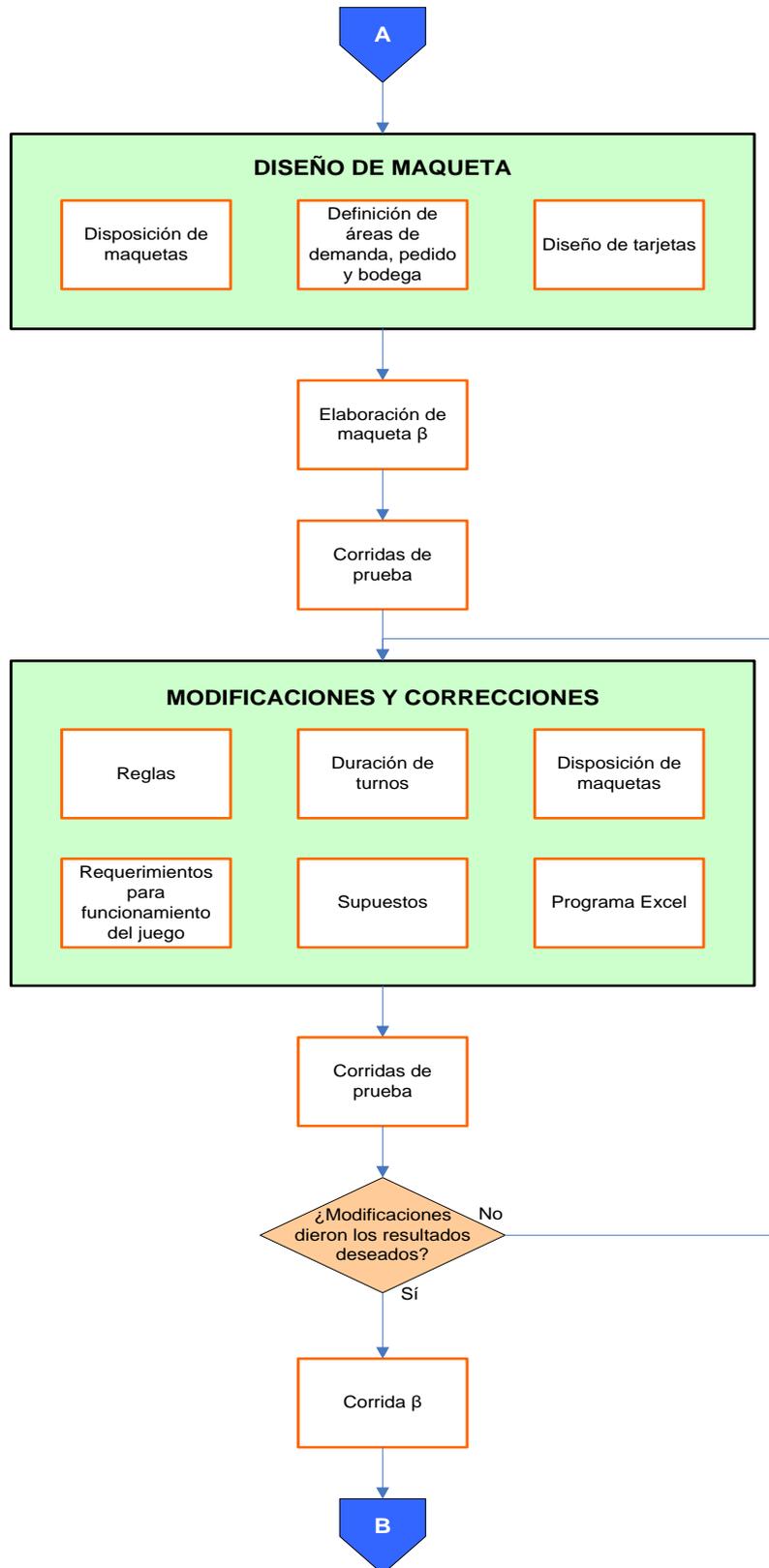
- d) Comprender que el incremento en la competitividad de la cadena logística no está en la búsqueda de óptimos locales sino óptimos globales.

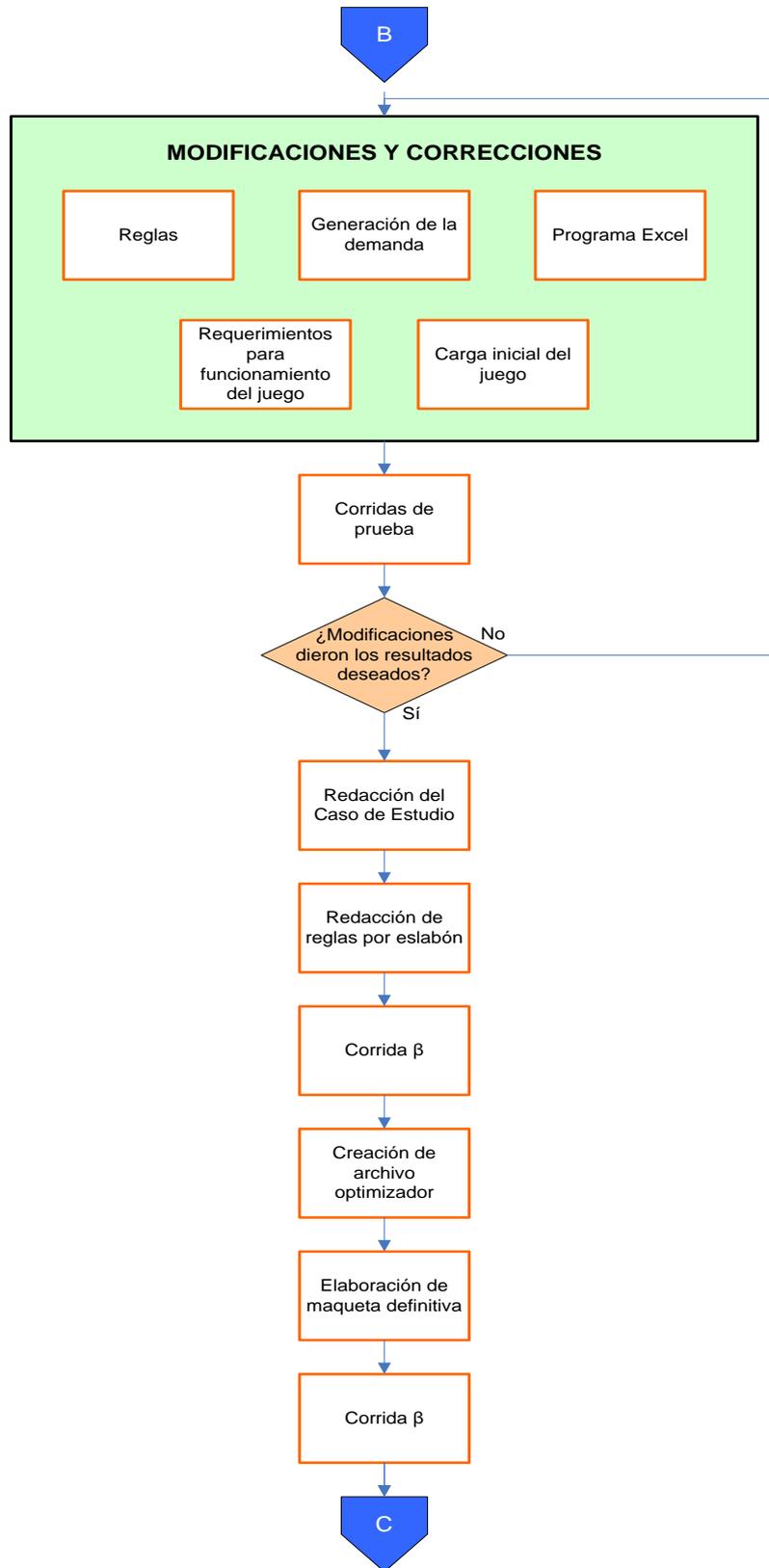
- e) Comprender que, en la actualidad, la competencia no es entre fábricas, sino entre canales de distribución.

1.3 Metodología

La metodología a ser utilizada para el desarrollo del presente proyecto se detalla en la figura 1.1:







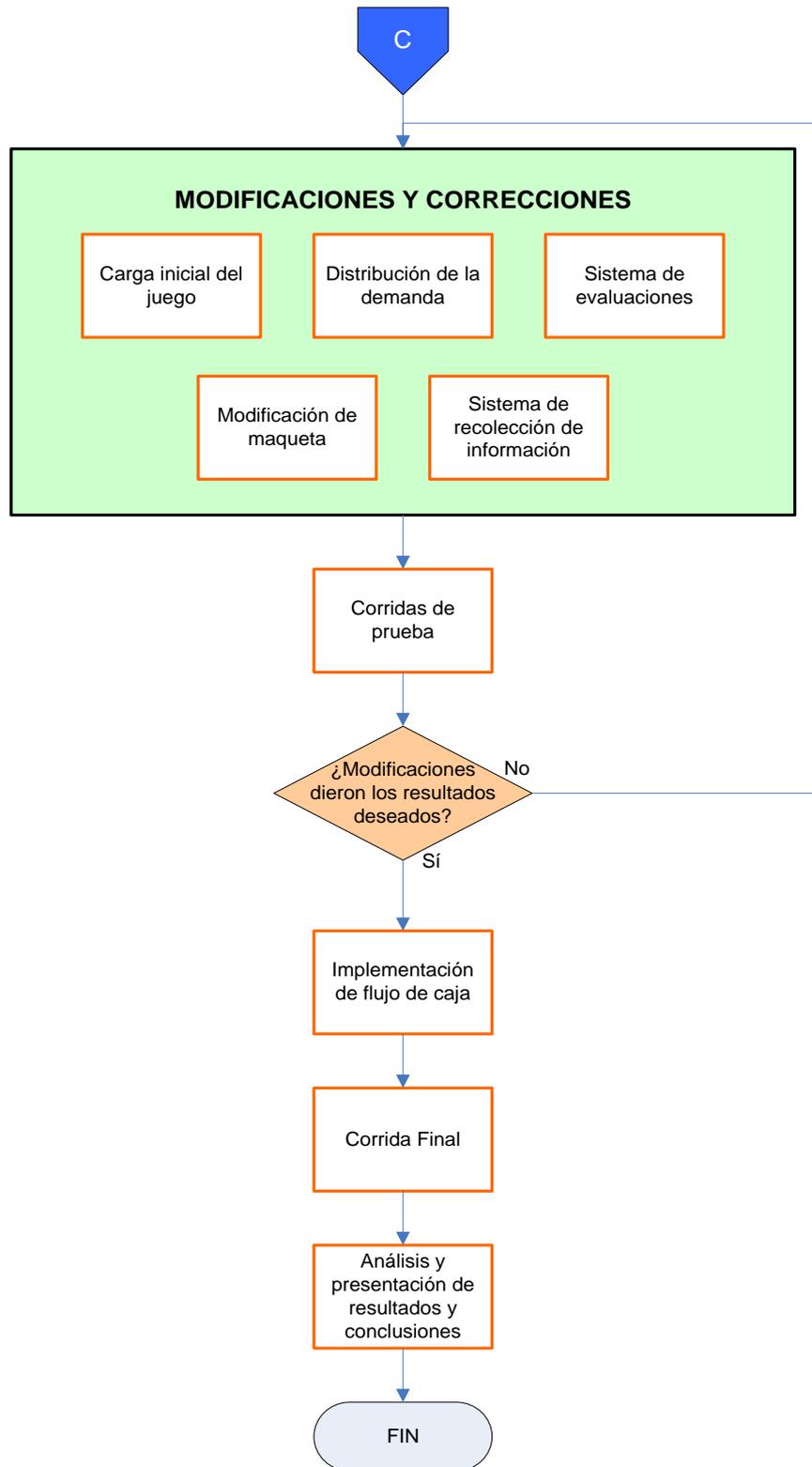


FIGURA 1.1. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

FIGURA 1.1 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

La metodología planteada está dividida en 3 etapas. En la primera etapa se va a recolectar información sobre el efecto, estudiar las causas que lo producen e investigar sobre las posibles formas de reducir o eliminar su impacto.

En la segunda etapa, se va a definir las características de la simulación, la longitud de la cadena, la forma de generar la demanda, la cantidad de corridas y su longitud, la forma en que se va a recolectar la información y los indicadores que se va a llevar. Se va a realizar pruebas para verificar los resultados y se va a realizar los correctivos necesarios para obtener los resultados deseados.

En la última etapa, se va a realizar la corrida final con estudiantes y se va a realizar un análisis con los datos recolectados. Se va a explicar a los estudiantes el por qué de los resultados y cómo sus decisiones provocaron la creación del Efecto Bullwhip.

1.4 Estructura del Proyecto

El proyecto consta de 4 capítulos:

Capítulo 2: Diseño del Canal de Distribución

Descripción detallada del canal de distribución: el producto que se utilizará en el caso y su representación en la simulación, explicación de la cadena y los eslabones que la conforman, cómo se desarrolla el flujo de materiales e información, descripción del diseño del tablero de juego, explicación de la forma de generación de la demanda, indicadores de desempeño del caso de estudio y sistema de control del caso.

Capítulo 3: Sistema de Distribución: Caso de Estudio

Resumen del caso de estudio, instructivo con reglas para un correcto funcionamiento de la simulación, hojas de registro de información para los participantes y documentos de apoyo para el instructor de la simulación.

Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones

Se va a exponer las principales conclusiones de los resultados obtenidos del estudio, además de las recomendaciones para el correcto funcionamiento del caso en próximas corridas.

CAPÍTULO 2

2. Diseño del Canal de Distribución

El diseño del canal de distribución es una variación del Beergame , el cual consiste en una simulación interactiva de un sistema de producción y distribución de cerveza a lo largo de una cadena de distribución.

El Beergame muestra a los participantes cómo la inestabilidad y un aparente caos pueden surgir a partir de las decisiones tomadas y la estructura del sistema (Sterman 1989)

Senge (1994) hace un análisis práctico de una cadena de distribución de varios eslabones, en los que queda claro cómo las acciones de cada uno influyen sobre el comportamiento de los demás

2.1 Producto

Los cilindros de gas doméstico son idóneos para la simulación del “Juego de la Cerveza” por cumplir con las características de consumo masivo.

En la simulación se debe considerar representar el producto con objetos que no puedan interferir negativamente en la agilidad de los movimientos de producto que requieran realizar los participantes. Se definen las siguientes características para el objeto que represente a los cilindros en la simulación:

El producto debe ser:

- De fácil reconocimiento, contabilización y traslado desde un centro de distribución a otro.
- De forma y tamaño que permitan ser almacenadas y clasificadas de acuerdo a las preferencias del participante sin alterar el orden en el almacenamiento o despacho.

Para efectos de la simulación, los cilindros serán representados por fichas de colores que tienen marcada la cantidad de producto que representan (1, 5, 10, 20, 50, 100 cilindros). Se va a permitir el cambio de fichas de valores grandes a su equivalente de menor denominación (ver Figura 2.1)



FIGURA 2.1. FICHAS REPRESENTATIVAS DE CILINDROS DE GLP

2.2 Sistema de Distribución

El canal de distribución desde la Fábrica hacia los consumidores finales utiliza 4 intermediarios. La Fábrica y todos los intermediarios tienen bodegas de capacidad de almacenamiento infinita. El canal de distribución se detalla en la figura 2.2

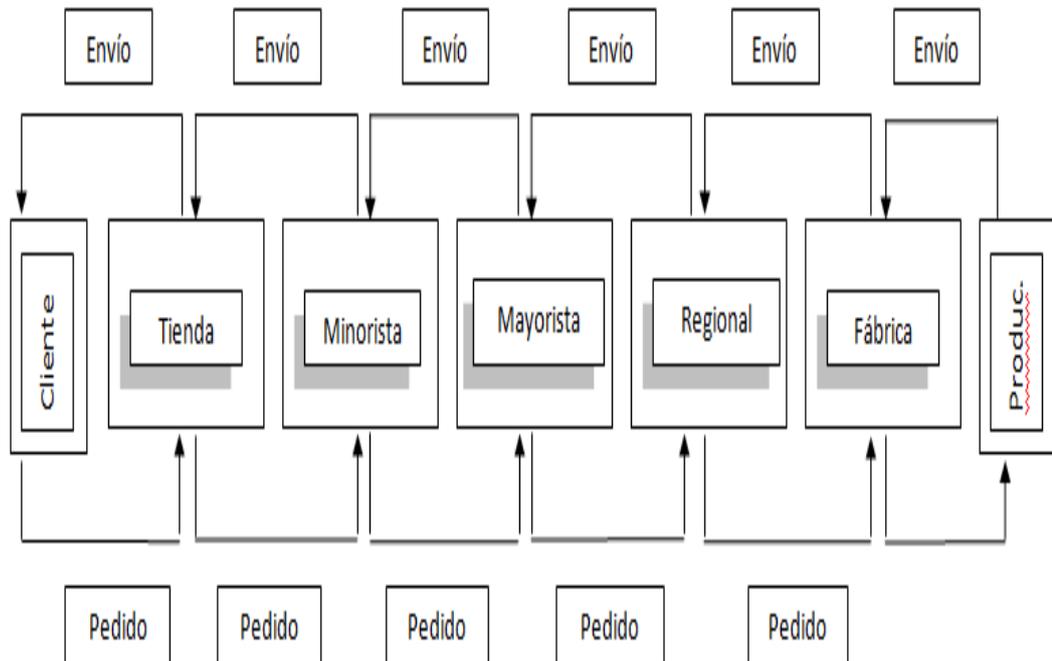


FIGURA 2.2. CANAL DE DISTRIBUCIÓN

Fábrica

Es en donde se envasan los cilindros con GLP. Cuenta con capacidad infinita de recursos para envasar (Mano de Obra, GLP, cilindros, equipos) cualquier cantidad de cilindros durante cualquier jornada.

En cada turno se puede enviar a envasar n cantidad de cilindros con GLP mediante el lanzamiento de órdenes de Producción.

El lead time del producto una vez puesta la Orden de Producción es de 2 días para que esté disponible en bodega.

Regional, Mayorista, Minorista

Cuentan con capacidad de almacenamiento infinita. El regional es abastecido directamente por la fábrica y provee al mayorista, y, éste a su vez, al minorista. Estos centros, junto con la fábrica cuando no pueden despachar pedidos por falta de productos incurren en backorders que deben ser cubiertos.

Tienda

Es abastecida por el Minorista. Los consumidores finales van directamente a la Tienda para adquirir el producto, por lo que la Tienda no tiene costo de transporte. Cuando no dispone de suficiente stock para los pedidos de sus clientes, pierde la venta, no tiene backorders.

Flujo del producto

El flujo del producto a través de la cadena es: Fábrica-Regional-Mayorista-Minorista-Tienda-Consumidores finales. Estrictamente debe seguirse el flujo establecido, no se puede pasar por alto un proveedor/cliente.

Cada turno (día) se deben realizar las siguientes operaciones: Primero, los intermediarios deben realizar la recepción de producto enviado por su proveedor, la Fábrica recibe el producto terminado de acuerdo a sus órdenes de producción. Segundo, se debe realizar el despacho de producto de los pedidos de los clientes realizados al final de la jornada del día anterior. Tercero, los intermediarios deben realizar un pedido de producto a su proveedor.

Los despachos a clientes, exceptuando a consumidores finales, se realizan en camiones cuya capacidad máxima es de 10 cilindros; es decir, sólo si se despacha en cantidades con múltiplos de 10, los camiones viajarán llenos en un 100%. El costo de transporte y el inventario en tránsito es responsabilidad de quien adquiere el producto. No existe restricción en cuanto al número de camiones disponible para los despachos.

Parámetros de la Línea de Distribución

Los precios de venta del producto y los costos asociados de cada intermediario (eslabón) se definen con base en los siguientes supuestos:

- Los únicos ingresos son producto de las ventas y los únicos costos son: costo de ventas o adquisición, transportación (excepto la Fábrica), de pedido, de backorder (excepto la Tienda), de mantenimiento de inventario y los costos fijos.
- Dado que el canal de distribución es de una línea, se establece que los costos fijos, costo de inventario, transporte, backorder y de pedido, en cada eslabón sean los mismos. Así mismo, la utilidad bruta por unidad vendida en cada eslabón es un parámetro común.

Bajo estas condiciones se establecen los precios y costos como se muestra en la Tabla 1:

TABLA 1
DEFINICIÓN DE COSTOS DE LA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

	Fábrica	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda
Precio de venta	\$8,10	\$11,20	\$14,30	\$17,40	\$20,50
Costo de venta	-\$5,00	-\$8,10	-\$11,20	-\$14,30	-\$17,40
% ganancia	38%	28%	22%	18%	15%
\$ ganancia	\$3,10	\$3,10	\$3,10	\$3,10	\$3,10
Transportación	-	-\$2,00	-\$2,00	-\$2,00	-\$2,00
Inventario	-\$2,50	-\$2,50	-\$2,50	-\$2,50	-\$2,50
Costos fijos	-\$180,00	-\$180,00	-\$180,00	-\$180,00	-\$180,00
Backorder	-\$0,60	-\$0,60	-\$0,60	-\$0,60	-

Los precios de venta, costos de venta y utilidades brutas (\$ganancia) desde el Regional a la Tienda pueden determinarse una vez que se definan estos parámetros para la Fábrica. Para la Fábrica se define una utilidad bruta unitaria de \$3,10 con un precio de venta de \$8,10 y un costo de venta de \$5,00. Con las condiciones establecidas, la utilidad bruta unitaria (\$ganancia) para todos los eslabones queda fijada en \$3,10. En cada intermediario el precio de venta será de \$3,10 más el costo de venta; éste a su vez es igual al precio venta del eslabón anterior. De esta manera el margen de utilidad bruta (%ganancia) decrece desde la Fábrica hacia la Tienda.

En cada turno los intermediarios incurren en un costo de \$2 por cada camión utilizado. El número de camiones depende de la cantidad despachada por el proveedor, de modo que se necesita un camión por cada 10 unidades despachadas. Los eslabones incurren en un costo de \$2 cada vez que realizan un pedido a su proveedor.

El costo de mantenimiento de inventario es el inventario promedio durante todos los turnos, multiplicado por el costo de oportunidad por

mantener dicho inventario. Se considera el costo de venta de la fábrica por una tasa de corte del 50%, con lo que se obtiene un costo de inventario de \$2,50 para todos los eslabones del canal de distribución.

El costo fijo para cada eslabón es de \$180. El costo de backorder para el proveedor (excepto la tienda) se genera cuando no se cumple con la cantidad solicitada por el cliente. De esta manera, cuando no se cumple con la cantidad solicitada en un turno, se debe reponer la cantidad no entregada en los siguientes turnos pero debe ser vendida al cliente con un descuento de \$0,60.

2.3 Flujo de demanda y flujo de información

Características Básicas

Se define que la demanda de los consumidores finales va a ser: creciente-decreciente-creciente. Se considera la aleatoriedad de la demanda dado que el canal de distribución carece de expansión. Los altos niveles de inventario en cada eslabón se dan por la incertidumbre de la tendencia, las políticas de inventario y la variabilidad desde los consumidores hacia la Fábrica.

Diseño de la Distribución

La demanda de los consumidores finales tiene una distribución empírica en base a las características indicadas anteriormente.

Durante los primeros T_1 turnos la media es de 20 cilindros.

Desde T_1 a T_2 la demanda promedio es de 5 cilindros

Desde T_2 a T_3 la demanda promedio es de 40 cilindros

Desde T_3 a T_4 la demanda promedio es de 10 cilindros

Desde T_4 a T_5 la demanda promedio es de 60 cilindros

Desde T_5 en adelante la demanda promedio es de 30 cilindros

Las medias indicadas para cada intervalo evidencian el cambio de monotonía a medida que avanzan los turnos.

Para la aleatoriedad, bajo el supuesto que la distribución en cada intervalo sea Normal con desviación estándar $\sigma=2$, la distribución de la demanda tiene el esquema mostrado en la figura 2.3:

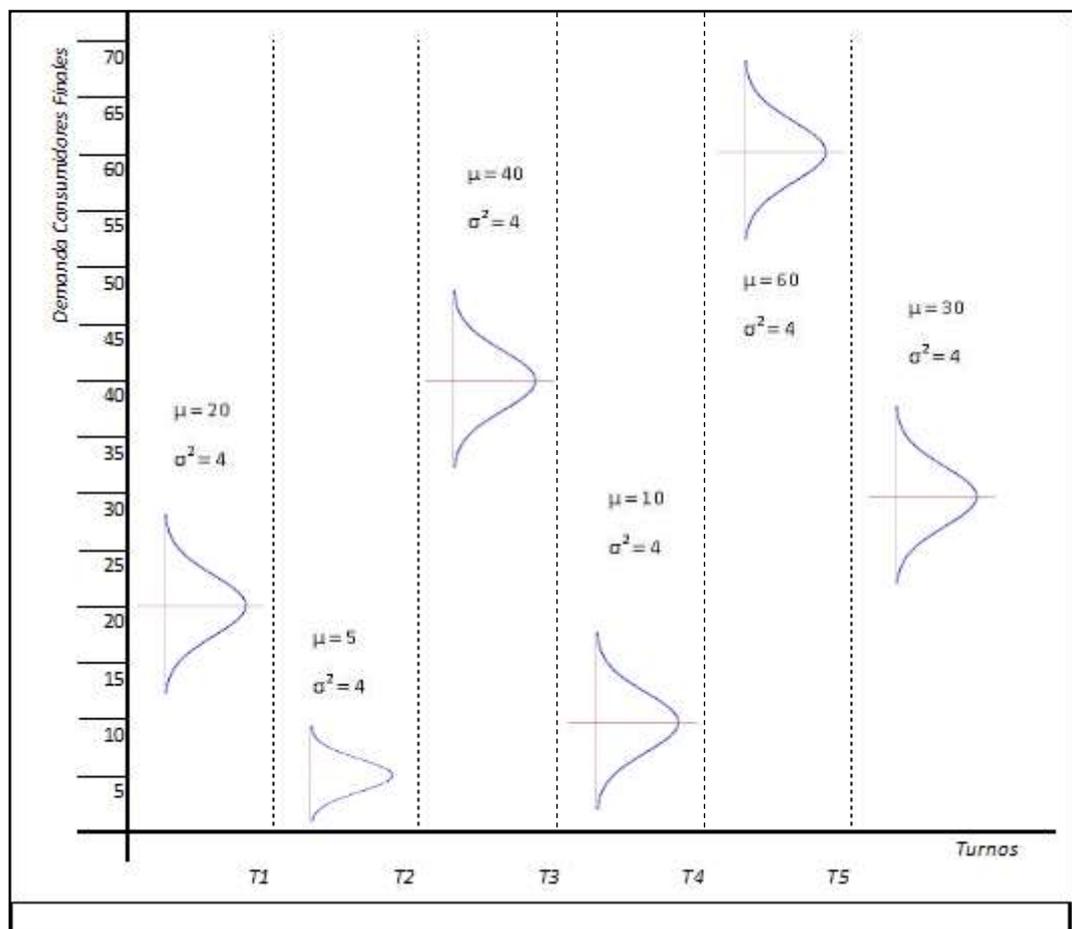


FIGURA 2.3. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA DE CONSUMIDORES FINALES

Para el caso de estudio propuesto se establece que el cambio de monotonía sea cada 5 turnos; así $T_1 = 5$, $T_2 = 10$, $T_3 = 15$, $T_4 = 20$, $T_5 = 25$.

Finalmente, la función de Demanda de consumidores finales es:

$$D(T) \begin{cases} x \sim N(20, 4) & ; 1 \leq T \leq 5 \\ x \sim N(5, 4) & ; 5 < T \leq 10 \\ x \sim N(40, 4) & ; 10 < T \leq 15 \\ x \sim N(10, 4) & ; 15 < T \leq 20 \\ x \sim N(60, 4) & ; 20 < T \leq 25 \\ x \sim N(30, 4) & ; T > 25 \end{cases}$$

La media y desviación de esta distribución empírica de demanda son: 28,5 y 14,50 cilindros respectivamente (ver anexo I)

Generación de la Demanda con la Distribución seleccionada

El algoritmo para obtener los valores de demanda se basa en que toda distribución acumulada tiene distribución uniforme en el intervalo $[0, 1]$. En Microsoft Excel, para cada turno se generan 50 números aleatorios entre cero y uno, y dependiendo del turno se determina el número correspondiente a la acumulada, media y varianza dada; de esta forma se obtiene la lista de 50 demandas.

Restricciones

La demanda es aleatoria pero durante los primeros 14 turnos se restringe de tal manera que no existe la posibilidad de no incurrir en backorders dadas las condiciones iniciales. A partir del turno 15, la *Tienda* tiene disponible el producto de la primera orden de Producción puesta por la Fábrica, entonces la suma de las primeras 14 demandas de consumidores finales tiene como cota máxima 350 cilindros (total de producto en bodega y tránsito de todos los eslabones al inicio)

2.4 Tablero de Juego

Tablero de Juego

Cada uno de los eslabones está representado por un tablero con zonas diferenciadas que permite de manera visual realizar y controlar las transacciones del producto. A continuación se detallan las zonas de los tableros (ver figura 2.4).

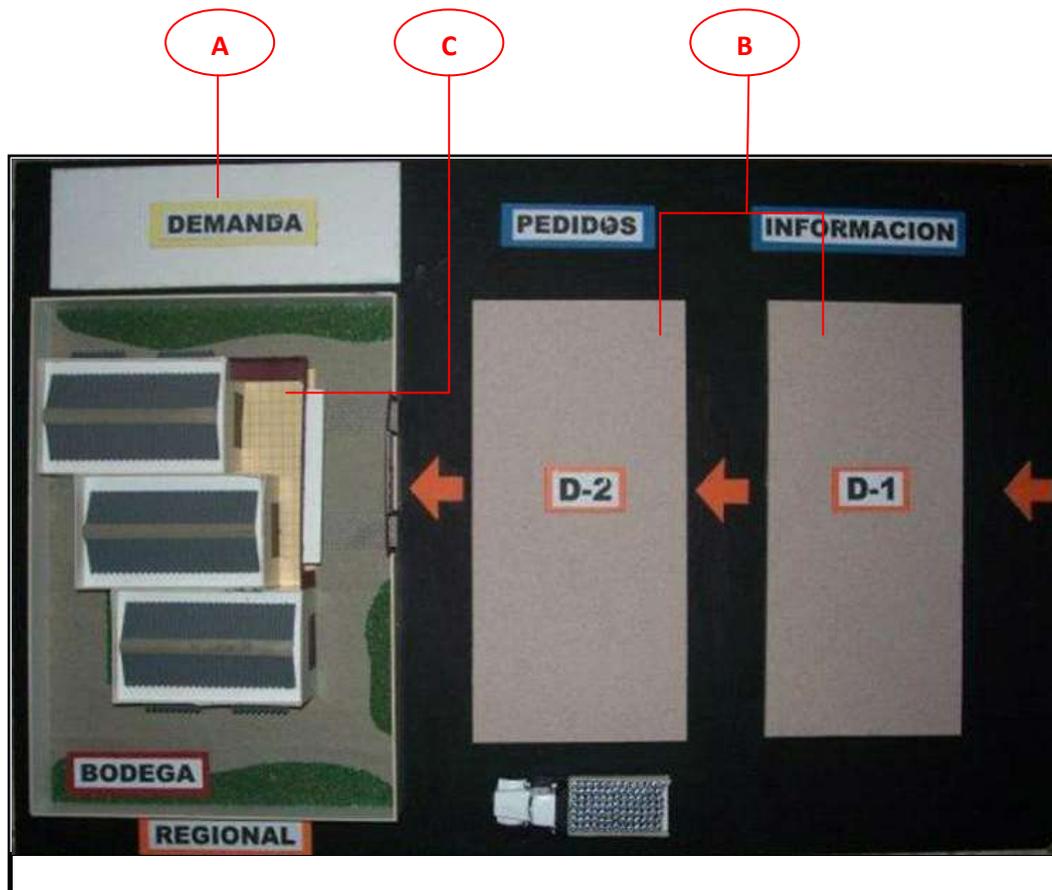


FIGURA 2.4. ÁREAS DE LOS TABLEROS DE JUEGO

- A. Zona de pedidos.** En este sitio es donde el cliente coloca la cartilla de pedido con la cantidad que solicita sea despachada.
- B. Delays.** Es donde permanece el producto en tránsito. Cuando el proveedor despacha, coloca físicamente la cantidad indicada en el primer delay (D1), para el siguiente turno, el producto pasará del D1 al D2 para finalmente pasar a la bodega de producto disponible.

C. Bodega de producto disponible. En esta zona se encuentra el producto que puede ser despachado al cliente.

LINEA 3			LINEA 2			LINEA 1	
TURNO	PEDIDO CLIENTE	DESPACHO TIENDA	TURNO	PEDIDO MAYORISTA	DESPACHO REGIONAL	TURNO	ORDENES DE PRODUCCION
1			1			1	
2			2			2	
3			3			3	
4			4			4	
5			5			5	
6			6			6	
7			7			7	
8			8			8	
9			9			9	
10			10			10	

FIGURA 2.5. FICHAS DE PEDIDO-DESPACHO Y ÓRDENES DE PRODUCCIÓN

Fichas de Pedidos-Despacho/Órdenes de Producción.

En cada turno, los eslabones (excepto la Fábrica) solicitan producto a su proveedor mediante las *Fichas de Pedidos* (ver figura 2.5) que consta de dos columnas: La primera, donde se solicita el producto y en la segunda el proveedor escribe la cantidad que despacha. Las cantidades en las columnas pueden diferir por el escaso stock del proveedor o por cumplimiento de cantidades pendientes (backorders). A diferencia del resto de los intermediarios, la Fábrica tiene las *Fichas de Órdenes de Producción* (ver Figura 2.5) en donde escribe la

cantidad de producto que será envasado y colocado físicamente en el primer delay, debido a que cuenta con capacidad de producción infinita.

Condiciones Iniciales

La simulación se inicia de la siguiente manera:

- a) Todos los eslabones (excepto la tienda) tienen cargado un pedido de 30 cilindros a ser despachado a su cliente en el primer turno.
- b) Existe un inventario en tránsito de 40 cilindros; veinte en cada delay.
- c) El inventario disponible en bodega es de 30 cilindros en cada eslabón.

2.5 Características de los participantes

Los participantes deben tener previamente tienen conocimiento de temas de administración de inventario como: inventario mínimo, punto de reorden, etc.

Etapas de la Simulación

La simulación se va a llevar a cabo en tres etapas. Se parte con las mismas condiciones iniciales detalladas en este capítulo. La diferencia

entre una etapa y otra radica en la evolución que deben experimentar los participantes de la línea pasando de ser empresas individualistas a un equipo de trabajo donde se conocen las necesidades del mercado (consumidores finales)

Primera Etapa

El objetivo de cada eslabón es maximizar su utilidad neta y el nivel de servicio sin tener en cuenta la gestión de su proveedor y su cliente. Las cantidades de producto a pedir se determinan empíricamente, los indicadores no están definidos y no está permitido el flujo de información entre los eslabones de la cadena de distribución.

Antes de iniciar otra corrida, se debe mostrar a los participantes el desempeño alcanzado durante la primera etapa. Los participantes van a tener la información suficiente para realizar una evaluación (ver anexo II) y realizar cálculos que van a ayudar a la toma de decisiones en la segunda etapa.

Segunda Etapa

Se mantiene el objetivo de la primera etapa y la restricción de no permitir la comunicación entre eslabones. Las decisiones se deben

tomar a partir de los resultados obtenidos en la evaluación realizada al final de la primera etapa. No existe alguna política que los participantes deban cumplir, pero cada eslabón podrá administrar su inventario en función de:

- Una estimación de la distribución de la demanda de su cliente.
- Nivel mínimo de stock o stock de seguridad.
- Cantidad a pedir y punto de reorden.
- Nivel de servicio obtenido en la primera etapa.

Al finalizar la segunda etapa se debe mostrar los resultados y los participantes de la línea deben reunirse para discutirlos.

Tercera Etapa

Los participantes se deben reunir para definir los niveles de stock que deben mantener cada uno en cada turno (Planificación de los Requerimientos de Distribución - DRP). Estos niveles de stock se definen a partir del pronóstico de la demanda de los consumidores finales y no del eslabón subsiguiente. Los resultados obtenidos será la mejor solución encontrada por quienes conforman la línea y se va a comparar con la solución propuesta.

2.6 Indicadores de Desempeño

Indicadores de Desempeño

El rendimiento del canal de distribución es medido por medio de los siguientes indicadores:

Utilidad Neta. El objetivo de la simulación es maximizar la utilidad neta, por esta razón la comparación de los balances entre eslabones, entre líneas y entre etapas será un factor clave durante la simulación.

Flujo de Caja. La importancia de este indicador radica en determinar la capacidad que tenga un intermediario de cubrir sus egresos (obligaciones) al considerar como únicos ingresos las cobranzas a sus clientes siempre que éstas puedan ser realizadas; es decir, el flujo de caja de un eslabón depende del flujo de caja de su cliente.

Nivel de Inventario. Indicador relacionado directamente con la utilidad debido al costo que representa el mantenimiento de inventario. Sin embargo es importante comparar los inventarios a lo largo de la línea para observar el Efecto Forrester.

Nivel de Servicio. El nivel de servicio es medido por:

- El porcentaje de cumplimiento. Es la cantidad despachada en relación a la cantidad solicitada por el cliente durante todos los turnos jugados.
- On time in full. Número de veces que los pedidos fueron despachados completos y a tiempo,

2.7 Sistema de Control

Para que la simulación sea exitosa, se debe mantener la operatividad y asegurar la evolución del canal de distribución en las tres etapas, lo cual se verificará con los resultados del Modelo de Análisis de Datos (ver figura del Anexo III). Para cumplir con lo establecido en el Sistema de Control se debe revisar el Manual del Instructor que se encuentra en la Coordinación de la carrera de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

Sistema de Control para la Operatividad del Canal de Distribución

En corridas preliminares se presentaron varios inconvenientes que afectaban directamente a los resultados de las líneas y por ende impedían llegar a conclusiones precisas. A continuación se detallan

los eventos que pueden interferir en la simulación y el sistema de control para evitarlo:

a) Falta de coordinación para manejar el stock físico en cada turno

Se produce cuando los participantes no conocen las reglas del caso y realizan en desorden la recepción, despacho y pedido. El resultado es confusión y errores en la simulación.

Para evitar esto se estableció que el Instructor, en cada turno indique los pasos a realizar: Movimiento del producto en tránsito, despacho al cliente, pedido al proveedor.

b) Niveles Negativos de Stock en el Modelo de Análisis

Se produce cuando un eslabón despacha más de lo que tiene disponible, mueve de manera incorrecta el producto en tránsito.

El sistema de control planteado en el literal a) contribuye a mitigar la posibilidad de ocurrencia de este evento, pero se estableció que los participantes lleven un autocontrol. A parte de la ficha de pedido, llenan una ficha adicional con la cantidad pedida por su cliente, la cantidad despachada y los backorders pendientes.

c) Lentitud al momento de digitar la información de la línea.

Se generaba por la necesidad de presentar los resultados al final de cada etapa y no tener disponible todas las fichas de pedidos/órdenes de producción.

Para agilizar la digitación se estableció que las fichas de pedido/órdenes de producción de cada línea se deben recoger cada 10 turnos, de esta manera el tiempo de espera por los resultados al final de cada etapa será mínimo.

Sistema de Control para asegurar la evolución del Canal de

Distribución durante las etapas de la simulación.

El objetivo en la primera etapa es que se evidencie el Efecto Forrester o efecto látigo en base a decisiones empíricas.

Para la segunda etapa se propone una mejora en el desempeño de cada eslabón al tomar decisiones con fundamentos técnicos al aplicar una evaluación. Dado que el propósito de la evaluación es la mejora, los participantes pueden contar con la ayuda del moderador o jefe de mesa. Sin embargo, los resultados no son los mejores porque se sigue buscando un óptimo local.

En la tercera etapa el objetivo es que los participantes lleguen a la conclusión que la principal solución para el Efecto Forrester (Látigo) es administrar los niveles de stock encada eslabón “en conjunto”, buscando los óptimos globales a través de toda la cadena, compartiendo información de la demanda del usuario final.

CAPÍTULO 3

3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN: CASO DE ESTUDIO

3.1 Caso: Distribución de GLP-Springfield

Para la demostración del Efecto Látigo, se va a desarrollar un caso de estudio donde se va a simular la administración de inventario por parte de los diferentes eslabones que conforman una cadena de distribución.

El caso de estudio y las reglas de simulación son modificaciones del Caso Original desarrollado por el MIT en los años 60, de tal manera que se adapten a los objetivos planteados, facilite al estudiante su participación en la simulación y pueda ilustrar otros aspectos de la gestión de la cadena de abastecimiento que no considera el juego original como son: indicador de cumplimiento y entregas OTIF, estado de pérdida y ganancias, políticas de inventario entre otros.

La cadena de distribución que se representa en el caso es la distribución de GLP y los temas que se estudian con la simulación del caso son:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| -La cadena de suministro | -EOQ |
| -Inventario mínimo | -Inventario de seguridad |
| -Punto de reorden | -Nivel de servicio |
| - Días de cobertura | - Rotación de inventario |
| -Estado de pérdidas y ganancias | -Flujo de caja |

Se requiere que el caso de estudio y las reglas de simulación:

- Representen una situación acorde a la realidad
- De fácil entendimiento
- Sean leídos antes de participar en la simulación

Existe un Manual del Instructor, que se encuentra en la Coordinación de la carrera Ingeniería Industrial de Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción-ESPOL.

CASO DE ESTUDIO: Distribución de GLP en Springfield

1. OBJETIVO:

Maximizar la utilidad durante el período de la simulación

2. INTRODUCCIÓN:

En Springfield la demanda de GLP por parte de sus habitantes es variable. En esta ciudad, existen varias compañías comercializadoras de GLP. La comercializadora "Burn's GLP" del Sr. M. Burns es la más antigua y líder del mercado con una participación del 42%. Su planta envasadora posee una capacidad de producción y almacenamiento de cilindros mayor que la demanda.

Hace 15 años, el Sr. Burns diseñó la red de distribución de su comercializadora de GLP y decidió trabajar con un único canal de distribución: Planta-Distribuidor Regional- Mayorista-Minorista-Tienda (todos con capacidad suficiente de almacenamiento). El Sr. Burns solo es dueño de la planta envasadora. La distribución y comercialización de cilindros es realizada por terceras compañías (tercerización de operaciones).

3. INTEGRANTES DEL CANAL DE DISTRIBUCIÓN:

Planta ShushuBurns.- Fundada hace 15 años por el empresario M. Burns, es la planta envasadora de GLP más importante de la industria, siendo una de las principales fuentes de trabajo de la ciudad de Springfield. El Sr. Burns, junto con su mano derecha Smithers y su grupo de abogados, determinaron que para hacer crecer el negocio, debían tener una estrategia de distribución, teniendo como resultado la Cadena de Distribución de Planta – Regional – Mayorista – Minorista - Tienda que actualmente funciona. El Sr. Burns es un inversionista, por lo que espera obtener de este canal de distribución, una rentabilidad que le permita cubrir los altos costos que le genera su compañía comercializadora.

Regional Simpson.- H. Simpson, uno de los empresarios más importante de Springfield, buscando maximizar sus ingresos generados por los años de trabajo en la planta del Sr. Burns como gerente, decidió hace 10 años invertir en el negocio del GLP y compró la Regional de GLP llamada “Springfield GLP”. El nombre de la regional fue cambiado 2 años después a “Regional Simpson”. H. Simpson cree que es buen negocio, porque es fácil conocer la demanda y porque tienen un mercado cautivo.

Mayorista Gas-Man.- Jeff Albertson, aburrido de la venta de comics, ha decidido participar en el canal de distribución de Burns como mayorista. Ha visto crecer a este negocio a lo largo de los años y cree que es más rentable que su anterior negocio. Además cree que es un negocio sencillo porque sólo tiene que ser un intermediario entre las órdenes de pedido de su cliente (el Minorista Pramax) y su proveedor (el Regional Simpson).

Minorista Pramax.- Apu N., ciudadano extranjero de la India, es un empresario exitoso dueño de varios negocios de diferente índole. Su objetivo es invertir en negocios diferentes para minimizar su riesgo. Es el dueño del Minorista Pramax. Cree conocer el negocio del GLP, y en las reuniones con sus ejecutivos comenta que a pesar de que la demanda del GLP es variable, él puede pronosticarla y cumplir siempre con los pedidos de su cliente que es la Tienda de Cilindros de Moe.

Tienda Cilindros de Moe.- Debido al fracaso de sus negocios anteriores, Moe S., decidió entrar en el negocio de la distribución de GLP como el encargado de vender los cilindros con GLP al cliente o usuario final. Moe posee una vasta experiencia en ventas

al menudeo y atención a clientes. La “Tienda Cilindros de Moe” es la única tienda de la Comercializadora Burn’s GLP.

Como estrategia de su negocio, Moe ofrece a sus clientes un Nivel de Servicio del 100% - OTIF (Entregas a Tiempo en la Cantidad Requerida). Esto se basa en la certeza de tener siempre disponibles cilindros para satisfacer la demanda.

4. CONDICIONES GENERALES DE LA COMERCIALIZACIÓN DE GLP:

Cada día al final de la jornada, cada compañía de acuerdo a sus necesidades, solicita una cantidad de producto a su proveedor, quien al día siguiente procede con el despacho. El producto permanece en tránsito durante 2 días. Pasado este tiempo, el producto estará disponible en la bodega del cliente respectivo.

El producto es facturado al momento del despacho, es decir, cuando sale de la bodega del proveedor. Por lo tanto, la empresa cliente es la propietaria del inventario en tránsito. El cliente asume el costo del transporte (proveedor – cliente).

Si alguna compañía no logra cumplir con su demanda, esta cantidad se convertirá en un backorder. La única excepción es la tienda, la cual, de no poder cumplir con la demanda, perderá la venta. Los backorders pueden ser cumplidos en los periodos siguientes, pero se tendrá como penalidad un descuento en el precio de venta.

Los despachos se realizan en motos con adaptaciones especiales para la carga, con capacidad máxima de 10 cilindros. No obstante, la cantidad de motos disponible es tan grande que no es una limitante; siempre se dispone de la cantidad necesaria de motos para despachar cualquier pedido.

Los precios y los costos varían según el tipo de compañía (Véase la Tabla 2 en las Reglas Específicas)

5. ÚLTIMOS ACONTECIMIENTOS:

En la actualidad, usted ha sido contratado(a) para la administración de una de estas compañías. Su gestión será evaluada con base a los siguientes objetivos: minimizar costos, maximizar utilidad y nivel de servicio.

Previo al ejercicio de sus funciones, el Sr. Burns se ha reunido con los dueños de cada compañía. En esta reunión indicó que existen demandas insatisfechas y excesivos backorders a pesar de que se cuenta con capacidad instalada superior a la demanda. Al finalizar la reunión, los dueños de las compañías llegaron al acuerdo de exigir a sus administradores un nivel de servicio mínimo del 90% en sus despachos.

¿Está usted en capacidad de cumplir con esta disposición al mínimo costo?

3.2 REGLAS

REGLAS GENERALES DE LA SIMULACIÓN

El caso consiste en una simulación interactiva de una cadena de distribución compuesta por una fábrica, un regional, un mayorista, un minorista y una tienda.

Se simula sobre un tablero en el que participa un equipo formado por 9 integrantes (1 integrante por eslabón, el cliente, producción, jefe de mesa y el auxiliar del jefe de mesa) como mínimo.

Cada turno, es un movimiento de la simulación. Cada eslabón (compañía) despacha la cantidad de cilindros de gas que se indica en los pedidos realizados por su cliente y hace su correspondiente pedido de cilindros de gas a su proveedor. Por lo tanto, cada eslabón cumple un doble rol de proveedor y cliente, inclusive la fábrica, quien no realiza pedido sino órdenes de producción.

Notas de la Simulación

- ✓ La cantidad de cilindros de gas pedidos se representan mediante fichas de colores para facilitar la interacción con el tablero. Existen fichas de 1, 5, 10, 20, 50 y 100 cilindros. En caso de necesitarlo, puede solicitar el cambio de fichas al auxiliar del Jefe de Mesa.

- ✓ Los turnos tienen una duración de 1 minuto.

- ✓ Cada turno de la simulación, implica el movimiento global en todos los eslabones.

- ✓ Los resultados de cada turno quedan registrados en la hoja de control que lleva cada eslabón. Con estos resultados se calculan los costos de cada eslabón, teniendo en cuenta que los costos son acumulativos durante la simulación.

Inicio de la Simulación.-

- De izquierda a derecha los jugadores deben colocarse en el siguiente orden: Cliente, Tienda, Minorista, Mayorista, Regional. Fábrica, Producción. (Fig. 3.1).

- El flujo de información (pedidos) se dirige aguas arriba desde los consumidores hacia la fábrica; por otro lado, el sentido de flujo de los productos (cilindros de gas), es aguas abajo desde la fábrica hacia los consumidores. (Fig. 3.1).

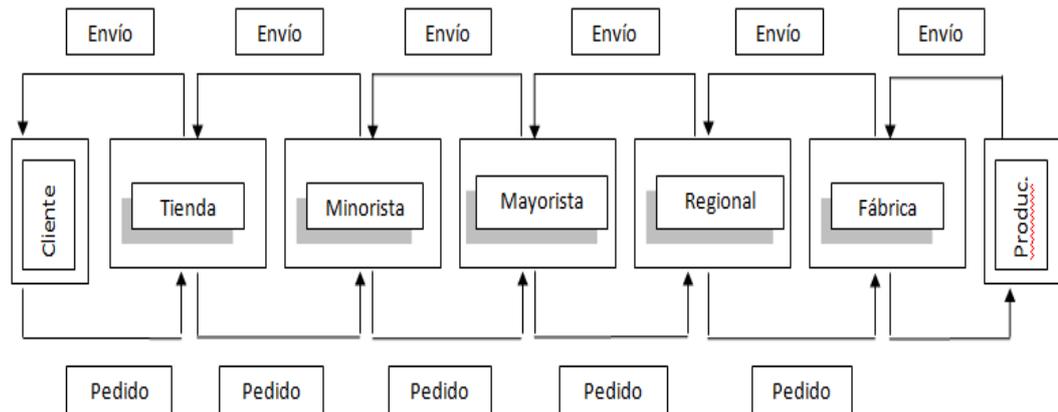


FIGURA 3.1 UBICACIÓN DE LOS PARTICIPANTES

- Cada eslabón de la cadena dispone de un inventario en su bodega y de un inventario en tránsito. En cada turno, se debe mover el producto en tránsito: desde tránsito a 1 día hacia la bodega de producto disponible, y desde tránsito a 2 días hacia tránsito a 1 día.
- Para el primer turno, la demanda del cliente ya se encuentra cargada en el casillero de demanda (con excepción de la tienda y órdenes de producción)

REGLAS ESPECÍFICAS - CLIENTE

PEDIDO DEL PRODUCTO

El cliente recibe el producto final a través de la Tienda. Como se observa en la Figura 3.2, se debe llenar ficha de pedido-despacho (CLIENTE-TIENDA) según la cantidad que se necesite (no olvidar que la capacidad de almacenamiento no es una restricción). El pedido entregado por la Tienda estará disponible inmediatamente en manos del cliente.

LÍNEA		
TURNO	PEDIDO CLIENTE	DESPACHO TIENDA
1		
2		
3		
4		Área que se debe
5		
6		
7		
8		
9		
10		

FIGURA 3.2 FICHA PEDIDO-DESPACHO (CLIENTE-TIENDA)

La ficha de pedido-despacho (CLIENTE-TIENDA) tiene capacidad para registrar la información de 10 turnos. En cada turno, la ficha debe ser colocada en el área de demanda de la Tienda con el propósito de que la Tienda proceda a despachar el producto.

Si se decide no pedir en un turno, se debe registrar cantidad cero (0).

REGLAS DE LA SIMULACIÓN

- En cada turno (*turno t*), el cliente debe sacar una tarjeta de demanda con la cantidad a pedir en el turno. Como se observa en la Figura 3.3:



FIGURA 3.3 OBTENER DEMANDA DEL CONSUMIDOR FINAL

- El siguiente paso es generar el pedido a la Tienda (Figura 3.4):
 1. Tomar la ficha de pedido-despacho (**CLIENTE-TIENDA**) del área de información del mini-tablero.
 2. Registrar en la ficha de pedido-despacho (**CLIENTE-TIENDA**) la orden de pedido del turno *t*.
 3. Colocar la ficha de pedido-despacho (**CLIENTE-TIENDA**) bocabajo en el área de demanda de la Tienda, quien despachará lo registrado inmediatamente de acuerdo a su stock.

**Ficha de pedido-despacho
(Cliente-Tienda)**

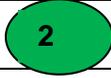
LINEA		
TURNO	PEDIDO	DESPACHO
	CLIENTE	TIENDA
1	X 	X
2	X	X
3	X	
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		



FIGURA 3.4 GENERAR PEDIDO A LA TIENDA

- Finalmente, se debe colocar de manera ordenada el producto sobre los mini-tableros de fichas correspondientes (Figura 3.5)

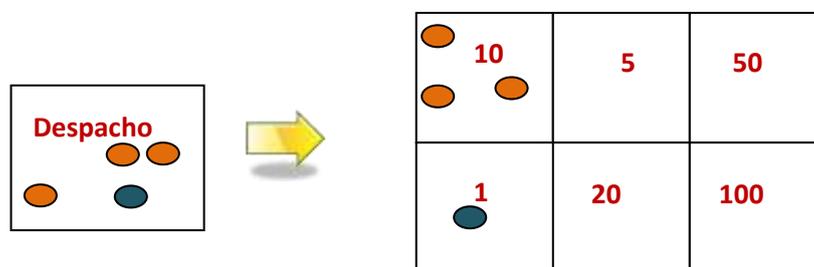


FIGURA 3.5 ORDENAR EL PRODUCTO

REGLAS ESPECÍFICAS - TIENDA

PEDIDO DEL PRODUCTO

El ingreso de productos (cilindros) a la bodega de la Tienda es por medio de pedidos realizados al Minorista. Como se observa en la Figura 3.6, se debe llenar la ficha de pedido-despacho (TIENDA-MINORISTA) según la cantidad que se necesite (no olvidar que la capacidad de almacenamiento no es una restricción). El pedido entregado por el Minorista estará disponible en la bodega después de dos turnos.

LÍNEA		
TURNO	PEDIDO TIENDA	DESPACHO MINORISTA
1		
2		
3		
4		Área que se debe llenar
5		
6		
7		
8		
9		
10		

FIGURA 3.6 FICHA PEDIDO-DESPACHO (TIENDA-MINORISTA)

La ficha de pedido-despacho (TIENDA-MINORISTA) tiene capacidad para registrar la información de 10 turnos. Al finalizar cada turno, la ficha debe ser colocada en el área de demanda del Minorista con el

propósito de que el Minorista proceda a despachar los productos en el siguiente turno.

Si se decide no pedir en un turno, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

DESPACHO DEL PRODUCTO

El despacho del producto se realiza por los pedidos del Cliente. El Cliente entrega a la Tienda una ficha de pedido-despacho (CLIENTE-TIENDA) con la cantidad de producto solicitado.

La Tienda de acuerdo a su nivel de stock, debe despachar una cantidad menor o igual a la pedida más los backorders que tenga pendiente.

Como se observa en la Figura 3.7, la ficha de pedido-despacho (CLIENTE-TIENDA) tiene capacidad para registrar la información de pedido y despacho de 10 turnos.

LÍNEA		
TURNO	PEDIDO CLIENTE	DESPACHO TIENDA
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Área que se debe llenar

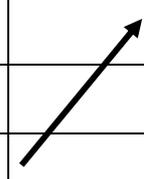


FIGURA 3.7 FICHA PEDIDO-DESPACHO (CLIENTE-TIENDA)

Cada vez que se registre dicha información, debe ser colocada en el área de información del Cliente para que este vuelva a registrar su pedido o para ser recogida por el Jefe de Mesa cuando sea necesario.

Si no se despacha producto, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

Los backorders son acumulativos. Se sugiere que durante la simulación, cumpla con los despachos incompletos.

El despacho se realiza en camiones de capacidad 10 cilindros, costo asumido por el Cliente.

No se puede revocar órdenes de pedidos ni despachos.

HOJA DE CONTROL

La Tienda debe llenar la siguiente Hoja de Control. Debe registrar el pedido del Cliente, el despacho que realiza la Tienda y los backorder pendientes. Figura 3.8.

Esta Hoja de Control va a servir a la Tienda como información para evaluar su desempeño en la cadena de distribución

LINEA			
TURNO	PEDIDO CLIENTE	DESPACHO TIENDA	BACKORDER
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

FIGURA 3.8 HOJA DE CONTROL DE LA TIENDA

REGLAS DE LA SIMULACIÓN

- La Tienda cuenta con un despacho inicial de cilindros por parte del Minorista, 20 cilindros en tránsito a 2 días (en la posición D1 del tablero) y 20 cilindros en tránsito a 1 día (posición D2 del tablero) y un nivel de stock inicial, como se observa en la Figura 3.9:

Tablero de la Tienda

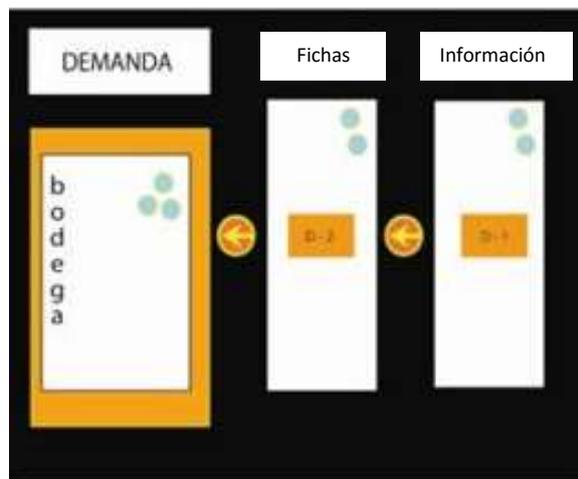


FIGURA 3.9 POSICIÓN INICIAL

- Como se observa en la Figura 3.10, en cada turno (*turno t*), el primer paso es mover el producto en tránsito:
 - Desde la posición D2 del tablero hacia la bodega de producto disponible.
 - Desde la posición D1 hacia la posición D2 del tablero.



FIGURA 3.10 MOVIMIENTO DE PRODUCTO EN TRÁNSITO

- Al finalizar los movimientos de producto en tránsito, se debe (Figura 3.11):
 1. Revisar la demanda del Cliente en la ficha de pedido-despacho (CLIENTE-TIENDA) del área de demanda.
 2. Despachar físicamente el producto al cliente



FIGURA 3.11 DESPACHO AL CLIENTE

- El siguiente paso (figura 3.12) es informar al Cliente sobre el despacho realizado:
 1. En la ficha de pedido-despacho (CLIENTE-TIENDA) donde el Cliente solicitó el producto, se debe registrar la cantidad despachada.
 2. Colocar la ficha de pedido-despacho (CLIENTE-TIENDA) en el área de información del mini-tablero del Cliente.
 3. Se debe registrar en la Hoja de Control, el pedido del Cliente, la cantidad despachada y los backorder del turno t (figura 3.13).

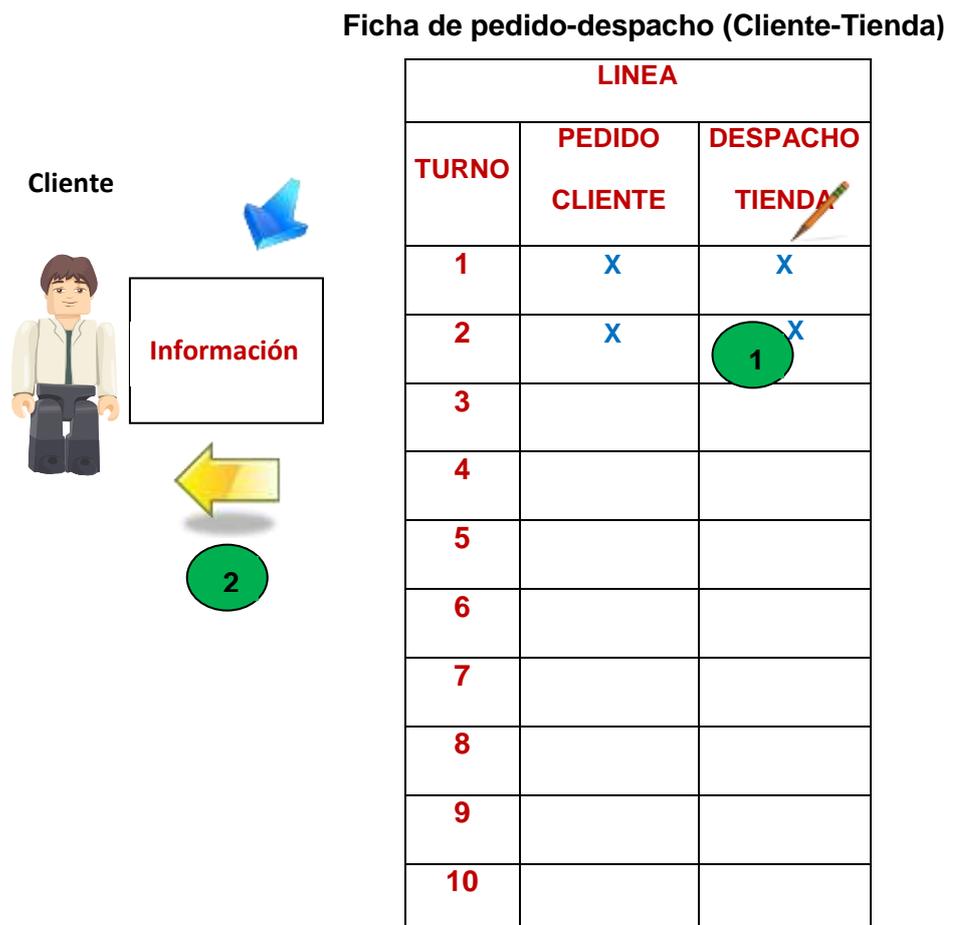


FIGURA 3.12 INFORMACIÓN PARA EL CLIENTE

Hoja de Control de la Tienda

LINEA			
TURNO	PEDIDO	DESPACHO	
	CLIENTE 	TIENDA 	BACKORDER 
1	X	X	-
2	X	X	Y
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

3

FIGURA 3.13 INFORMACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA TIENDA

- Finalmente debe generar el pedido al Minorista (figura 3.14):
 1. Tomar la ficha de pedido-despacho (TIENDA-MINORISTA) del área de información del tablero y comparar lo anotado con lo despachado.
 2. Registrar en la ficha de pedido-despacho (TIENDA-MINORISTA) la orden de pedido del turno $t+1$.
 3. Colocar la ficha de pedido-despacho (TIENDA-MINORISTA) bocabajo en el área de demanda del Minorista, quien despachará lo registrado en el siguiente turno.

**Ficha de pedido-despacho
(Tienda-Minorista)**

LINEA		
TURNO	PEDIDO TIENDA	DESPACHO MINORISTA
1	X	X
2	X	X
3	X	
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		



FIGURA 3.14 GENERAR PEDIDO AL MINORISTA

REGLAS ESPECÍFICAS - MINORISTA

PEDIDO DEL PRODUCTO

El ingreso de productos (cilindros) a la bodega del Minorista es por medio de pedidos realizados al Mayorista. Como se observa en la Figura 3.15, se debe llenar ficha de pedido-despacho (MINORISTA-MAYORISTA) según la cantidad que se necesite (no olvidar que la capacidad de almacenamiento no es una restricción). El pedido entregado por el Mayorista estará disponible en la bodega después de dos turnos.

LÍNEA		
TURNOS	PEDIDO MINORISTA	DESPACHO MAYORISTA
1		
2		
3		
4		Área que se debe llenar
5		
6		
7		
8		
9		
10		

FIGURA 3.15: FICHA PEDIDO-DESPACHO (MINORISTA-MAYORISTA)

La ficha de pedido-despacho (MINORISTA-MAYORISTA) tiene capacidad para registrar la información de 10 turnos. Al finalizar cada turno, la ficha debe ser colocada en el área de demanda del Mayorista con el propósito de que el Mayorista proceda a despachar los productos en el siguiente turno.

Si se decide no pedir en un turno, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

DESPACHO DEL PRODUCTO

El despacho del producto se realiza por los pedidos de la Tienda. La Tienda entrega al Minorista una ficha de pedido-despacho (TIENDA-MINORISTA) con la cantidad de producto solicitado.

El Minorista de acuerdo a su nivel de stock, debe despachar una cantidad menor o igual a la pedida más los backorders que tenga pendiente.

Como se observa en la Figura 3.16, la ficha de pedido despacho (TIENDA-MINORISTA), tiene capacidad para registrar la información de pedido y despacho de 10 turnos. Cada vez que se registre dicha información, debe ser colocada en el área de información de la Tienda

LÍNEA		
TURNO	PEDIDO TIENDA	DESPACHO MINORISTA
1		
2		
3	Área que se debe llenar	
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

FIGURA 3.16: FICHA PEDIDO-DESPACHO (TIENDA-MINORISTA)

para que este vuelva a registrar su pedido o para ser recogida por el Jefe de Mesa cuando sea necesario.

Si no se despacha producto, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

Los backorders son acumulativos. Se sugiere que durante la simulación, cumpla con los despachos incompletos.

El despacho se realiza en camiones de capacidad 10 cilindros, costo asumido por la Tienda.

No se puede revocar órdenes de pedidos ni despachos.

HOJA DE CONTROL

El Minorista debe llenar la siguiente Hoja de Control. Debe registrar el pedido de la Tienda, el despacho que realiza el Minorista y los backorder pendientes. Figura 3.17.

Esta Hoja de Control va a servir al Minorista como información para evaluar su desempeño en la cadena de distribución.

LINEA			
TURNO	PEDIDO TIENDA	DESPACHO MINORISTA	BACKORDER
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

FIGURA 3.17 HOJA DE CONTROL DEL MINORISTA

REGLAS DE LA SIMULACIÓN

- El Minorista cuenta con un despacho inicial de cilindros por parte del Mayorista, 20 cilindros en tránsito a 2 días (en la posición D1 del tablero) y 20 cilindros en tránsito a 1 día (posición D2 del tablero) y un nivel de stock inicial, como se observa en la Figura 3.18:



FIGURA 3.18 POSICIÓN INICIAL

- Como se observa en la Figura 3.19, en cada turno (*turno t*), el primer paso es mover el producto en tránsito:
 - Desde la posición D2 del tablero hacia la bodega de producto disponible.
 - Desde la posición D1 hacia la posición D2 del tablero.

Tablero del Minorista

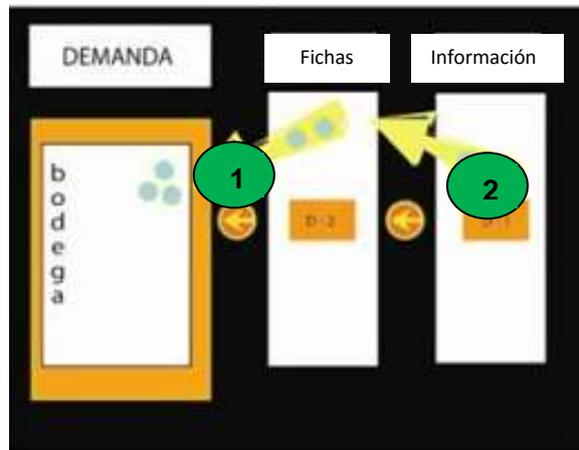


FIGURA 3.19 MOVIMIENTO DE PRODUCTO EN TRÁNSITO

- Al finalizar los movimientos de producto en tránsito, se debe (Figura 3.20):
 1. Revisar la demanda de la Tienda en la ficha de pedido-despacho (TIENDA-MINORISTA) del área de demanda.
 2. Despachar físicamente el producto a dos días en tránsito (posición D1 del tablero de la Tienda).

Obtener ficha de pedido-despacho (Tienda-Minorista)



FIGURA 3.20 DESPACHO A LA TIENDA

- El siguiente paso (figura 3.21) es informar a la Tienda sobre el despacho realizado:
 1. En la ficha de pedido-despacho (TIENDA-MINORISTA) donde la Tienda solicitó el producto, se debe registrar la cantidad despachada.
 2. Colocar la ficha de pedido-despacho (TIENDA-MINORISTA) en el área de información del tablero de la Tienda.
 3. Se debe registrar en la Hoja de Control, el pedido de la Tienda, la cantidad despachada y los backorder del turno t (figura 3.22).



FIGURA 3.21 INFORMACIÓN PARA LA TIENDA

Hoja de Control del Minorista

LINEA			
TURNO	PEDIDO	DESPACHO	
	TIENDA 	MINORISTA 	BACKORDER 
1	X	X	-
2	X	X	Y
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

3

FIGURA 3.22 INFORMACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL MINORISTA

- Finalmente debe generar el pedido al Mayorista (figura 3.23):
 1. Tomar la ficha de pedido-despacho (MINORISTA-MAYORISTA) del área de información del tablero y comparar lo anotado con lo despachado.
 2. Registrar en la ficha de pedido-despacho (MINORISTA-MAYORISTA) la orden de pedido del turno $t+1$.
 3. Colocar la ficha de pedido-despacho (MINORISTA-MAYORISTA) bocabajo en el área de demanda del Mayorista, quien despachará lo registrado en el siguiente turno.

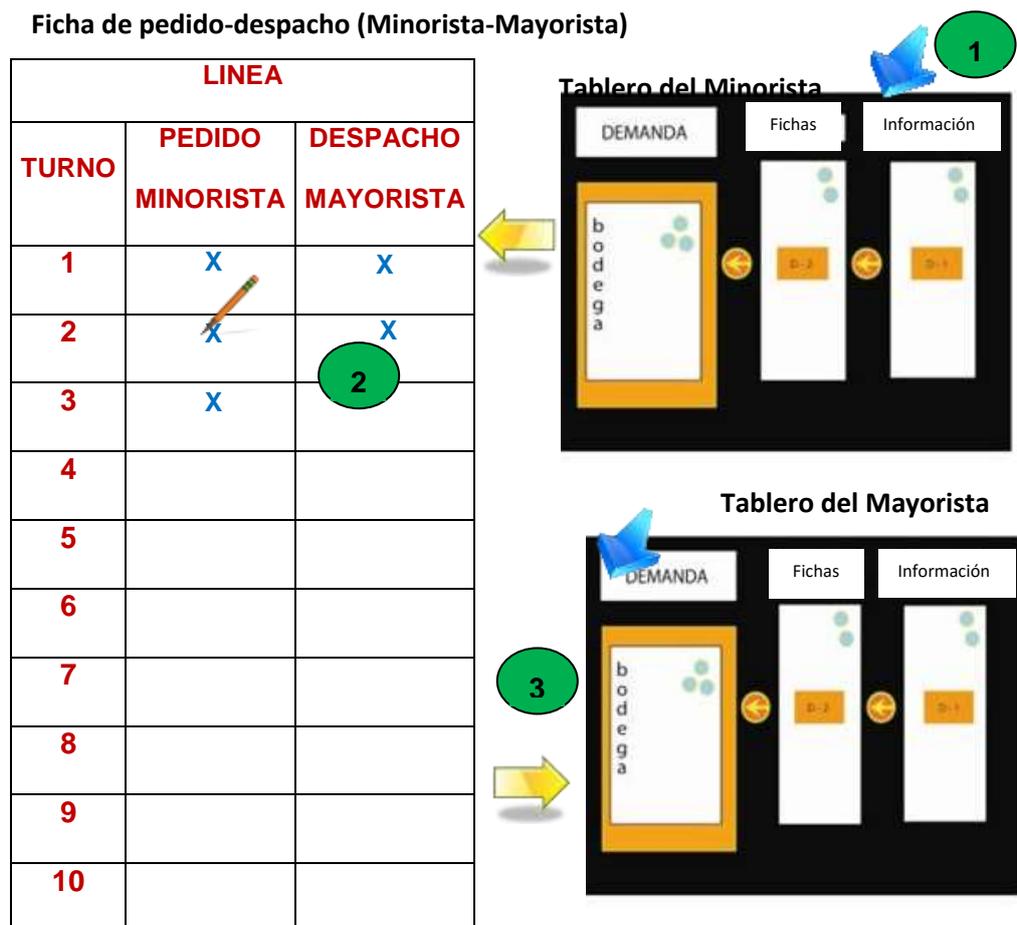


FIGURA 3.23: GENERAR PEDIDO AL MAYORISTA

REGLAS ESPECÍFICAS - MAYORISTA

PEDIDO DEL PRODUCTO

El ingreso de productos (cilindros) a la bodega del Mayorista es por medio de pedidos realizados al Regional. Como se observa en la Figura 3.24, se debe llenar ficha de pedido-despacho

(MAYORISTA-REGIONAL)

según la cantidad que se necesite (no olvidar que la capacidad de almacenamiento no es una restricción). El pedido entregado por el Regional, estará disponible

en la bodega después de dos turnos.

LÍNEA		
TURNO	PEDIDO MAYORISTA	DESPACHO REGIONAL
1		
2		
3		
4		Área que se debe llenar
5		
6		
7		
8		
9		
10		

FIGURA 3.24 FICHA PEDIDO-DESPACHO (MAYORISTA-

La ficha de pedido-despacho (MAYORISTA-REGIONAL) tiene capacidad para registrar la información de 10 turnos. Al finalizar cada turno, la ficha debe ser colocada en el área de demanda del Regional con el propósito de que el Regional proceda a despachar los productos en el siguiente turno.

Si se decide no pedir en un turno, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

DESPACHO DEL PRODUCTO

El despacho del producto se realiza por los pedidos del Minorista. El Minorista entrega al Mayorista una ficha de pedido-despacho (MINORISTA-MAYORISTA) con la cantidad de producto solicitado.

El Mayorista de acuerdo a su nivel de stock, debe despachar una cantidad menor o igual a la pedida más los backorders que tenga pendiente.

Como se observa en la Figura 3.25, la ficha de pedido despacho (MINORISTA-MAYORISTA), tiene capacidad para registrar la información de pedido y despacho de 10 turnos. Cada vez que se registre dicha información, debe ser colocada en el área de información del Minorista para que este vuelva a registrar su

LÍNEA		
TURNOS	PEDIDO MINORISTA	DESPACHO MAYORISTA
1		
2		
3		
4	Área que se debe llenar	
5		
6		
7		
8		
9		
10		

FIGURA 3.25 FICHA PEDIDO-DESPACHO (MINORISTA-MAYORISTA)

pedido o para ser recogida por el Jefe de Mesa cuando sea necesario

Si no se despacha producto, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

Los backorders son acumulativos. Se sugiere que durante la simulación, cumpla con los despachos incompletos.

El despacho se realiza en camiones de capacidad 10 cilindros, costo asumido por el Minorista.

No se puede revocar órdenes de pedidos ni despachos.

HOJA DE CONTROL

El Mayorista debe llenar la siguiente Hoja de Control. Debe anotar el pedido del Minorista, el despacho que realiza el Mayorista y los backorder pendientes. Figura 3.26.

Esta Hoja de Control va a servir al Mayorista como información para evaluar su desempeño en la cadena de distribución.

LINEA			
TURNO	PEDIDO MINORISTA	DESPACHO MAYORISTA	BACKORDER
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

FIGURA 3.26 HOJA DE CONTROL DEL MAYORISTA

REGLAS DE LA SIMULACIÓN

- El Mayorista cuenta con un despacho inicial de cilindros por parte del Regional, 20 cilindros en tránsito a 2 días (en la posición D1 del tablero) y 20 cilindros en tránsito a 1 día (posición D2 del tablero) y un nivel de stock inicial, como se observa en la Figura 3.27:

Tablero del Mayorista



FIGURA 3.27 POSICIÓN INICIAL

- Como se observa en la Figura 3.28, en cada turno (*turno t*), el primer paso es mover el producto en tránsito:
 - Desde la posición D2 del tablero hacia la bodega de producto disponible.
 - Desde la posición D1 hacia la posición D2 del tablero.

Tablero del Mayorista

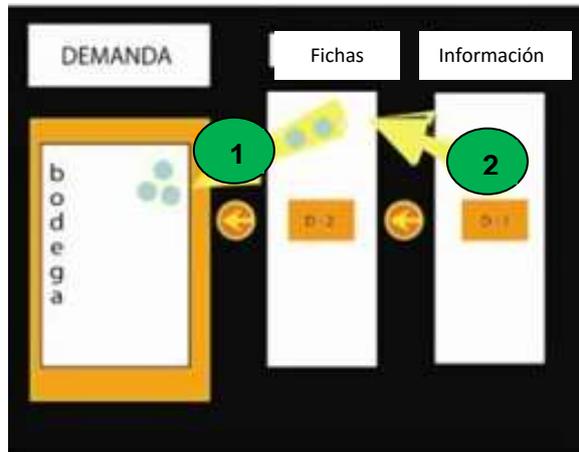


FIGURA 3.28 MOVIMIENTO DE PRODUCTO EN TRÁNSITO

- Al finalizar los movimientos de producto en tránsito, se debe (Figura 3.29):
 1. Revisar la demanda del Minorista en la ficha de pedido-despacho (MINORISTA-MAYORISTA) del área de demanda.
 2. Despachar físicamente el producto a dos días en tránsito (posición D1 del tablero del Minorista).

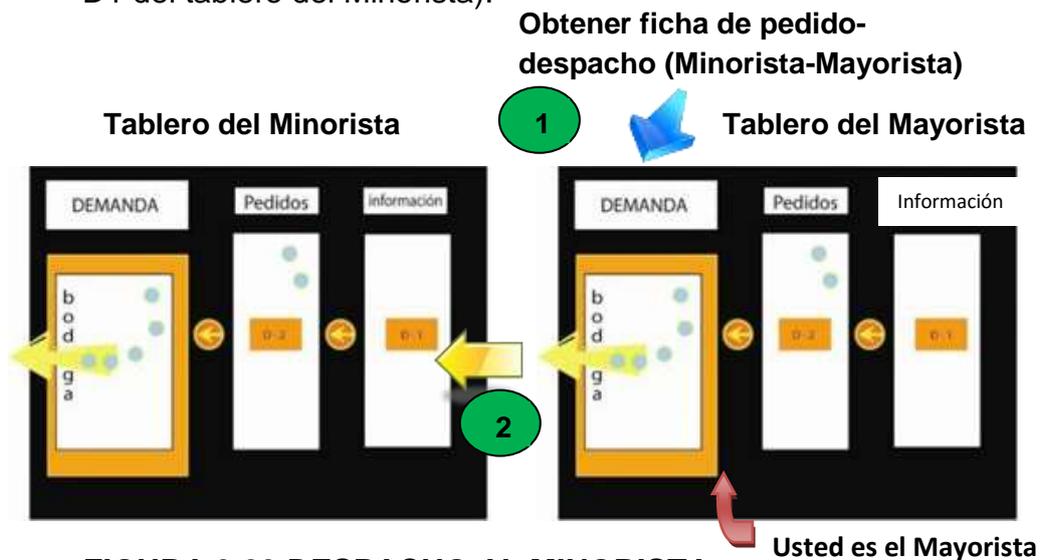


FIGURA 3.29 DESPACHO AL MINORISTA

- El siguiente paso (figura 3.30) es informar al Minorista sobre el despacho realizado:
 1. En la ficha de pedido-despacho (MINORISTA-MAYORISTA) donde el Minorista solicitó el producto, se debe registrar la cantidad despachada.
 2. Colocar la ficha de pedido-despacho (MINORISTA-MAYORISTA) en el área de información del tablero del Minorista.
 3. Se debe registrar en la Hoja de Control el pedido del Minorista, la cantidad despachada y los backorder del turno t (figura 3.31).



FIGURA 3.30 INFORMACIÓN PARA EL MINORISTA

Hoja de Control del Mayorista

LINEA			
TURNO	PEDIDO	DESPACHO	
	MINORISTA	MAYORISTA	BACKORDER
1	X	X	-
2	X	X	Y
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

3

FIGURA 3.31 INFORMACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL MAYORISTA

- Finalmente debe generar el pedido al Regional (figura 3.32):
 1. Tomar la ficha de pedido-despacho (MAYORISTA-REGIONAL) del área de información del tablero y comparar lo anotado con lo despachado.
 2. Registrar en la ficha de pedido-despacho (MAYORISTA-REGIONAL) la orden de pedido del turno $t+1$.
 3. Colocar la ficha de pedido-despacho (MAYORISTA-REGIONAL) bocabajo en el área de demanda del Regional, quien despachará lo registrado en el siguiente turno.

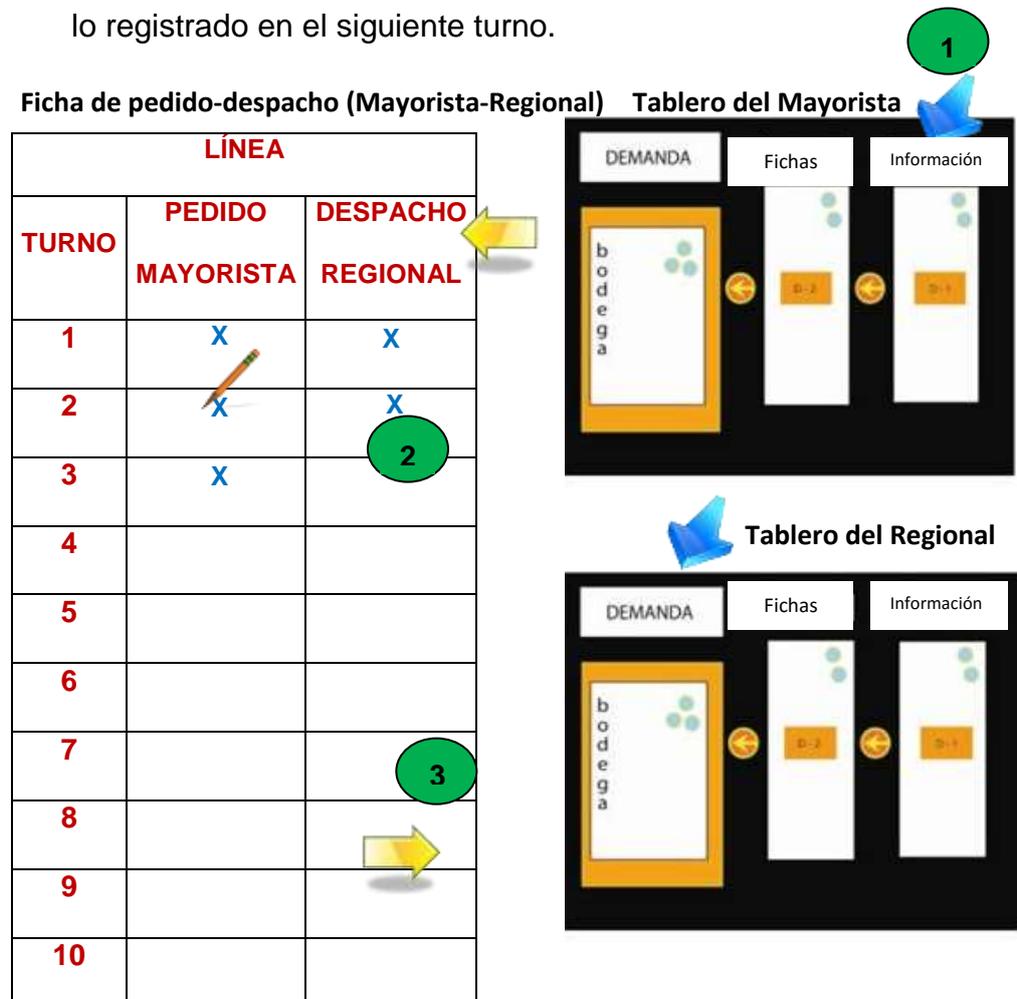


FIGURA 3.32 GENERAR PEDIDO AL REGIONAL

REGLAS ESPECÍFICAS - REGIONAL

PEDIDO DEL PRODUCTO

El ingreso de productos (cilindros) a la bodega del Regional es por medio de pedidos realizados a la Fábrica. Como se observa en la Figura 3.33, se debe llenar ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA) según la cantidad que se necesite (no olvidar que la capacidad de almacenamiento no es una restricción). El pedido entregado por la Fábrica, estará disponible en la bodega después de dos turnos.

LÍNEA		
TURNO	PEDIDO	DESPACHO
	REGIONAL	FÁBRICA
1		
2		
3		
4		Área que se debe llenar
5		
6		
7		
8		
9		
10		

FIGURA 3.33 FICHA PEDIDO-DESPACHO (REGIONAL-

La ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA) tiene capacidad para registrar la información de 10 turnos. Al finalizar cada turno, la ficha debe ser colocada en el área de demanda de la Fábrica, con el propósito que la Fábrica proceda a despachar los productos en el siguiente turno.

Si se decide no pedir en un turno, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

DESPACHO DEL PRODUCTO

El despacho del producto se realiza por los pedidos del Mayorista. El Mayorista entrega al Regional una ficha de pedido-despacho (MAYORISTA-REGIONAL) con la cantidad de producto solicitado.

El Regional de acuerdo a su nivel de stock, debe despachar una cantidad menor o igual a la pedida más los backorders que tenga pendiente.

Como se observa en la Figura 3.34, la ficha de pedido despacho (MAYORISTA-REGIONAL), tiene capacidad para registrar la información de pedido y despacho de 10 turnos. Cada vez que se registre dicha información, debe ser colocada en el área de información del Mayorista para que este vuelva a registrar su

LÍNEA		
TURNOS	PEDIDO MAYORISTA	DESPACHO REGIONAL
1		
2		
3	Área que se debe llenar	
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

FIGURA 3.34 FICHA PEDIDO-DESPACHO (MAYORISTA-REGIONAL)

pedido o para ser recogida por el Jefe de Mesa cuando sea necesario.

Si no se despacha producto, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

Los backorders son acumulativos. Se sugiere que durante la simulación, cumpla con los despachos incompletos.

El despacho se realiza en camiones de capacidad 10 cilindros, costo asumido por el Mayorista.

No se puede revocar órdenes de pedidos ni despachos.

HOJA DE CONTROL

El Regional debe llenar la siguiente Hoja de Control. Debe anotar el pedido del Mayorista, el despacho que realiza el Regional y los backorder pendientes. Figura 3.35.

Esta Hoja de Control va a servir al Regional como información para evaluar su desempeño en la cadena de distribución.

LÍNEA			
TURNO	PEDIDO MAYORISTA	DESPACHO REGIONAL	BACKORDER
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

FIGURA 3.35 HOJA DE CONTROL DEL REGIONAL

REGLAS DE LA SIMULACIÓN

- El Regional cuenta con un pedido inicial de cilindros por parte de la Fábrica, 20 cilindros en tránsito a 2 días (en la posición D1 del tablero) y 20 cilindros en tránsito a 1 día (posición D2 del tablero) y un nivel de stock inicial, como se observa en la Figura 3.36:

Tablero del Regional

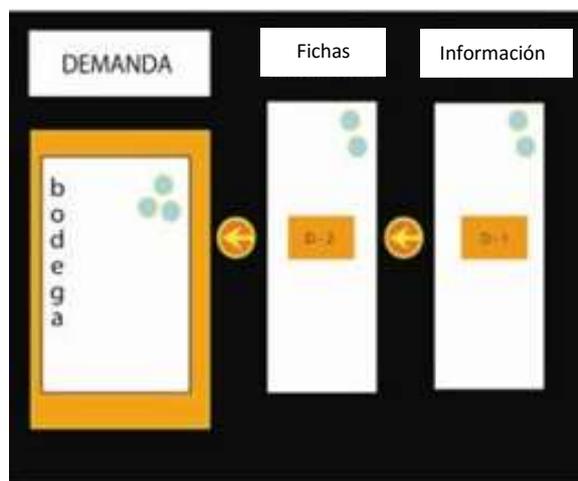


FIGURA 3.36: POSICIÓN INICIAL

- Como se observa en la Figura 3.37, en cada turno (*turno t*), el primer paso es mover el producto en tránsito:
 - Desde la posición D2 del tablero hacia la bodega de producto disponible.
 - Desde la posición D1 hacia la posición D2 del tablero.



FIGURA 3.37: MOVIMIENTO DE PRODUCTO EN TRÁNSITO

- Al finalizar los movimientos de producto en tránsito, se debe (figura 3.38):

1. Revisar la demanda del Mayorista en la ficha de pedido-despacho (MAYORISTA-REGIONAL) del área de demanda.
2. Despachar físicamente el producto a dos días en tránsito (posición D1 del tablero del Mayorista).



FIGURA 3.38: DESPACHO AL MAYORISTA

- El siguiente paso (figura 3.39) es informar al Mayorista sobre el despacho realizado:
 1. En la ficha de pedido-despacho (MAYORISTA-REGIONAL) donde el Mayorista solicitó el producto, se debe registrar la cantidad despachada.
 2. Colocar la ficha de pedido-despacho (MAYORISTA-REGIONAL) en el área de información del tablero del Mayorista.
 3. Se debe registrar en la Hoja de Control, el pedido del Mayorista, la cantidad despachada y los backorder del turno t (figura 3.40).

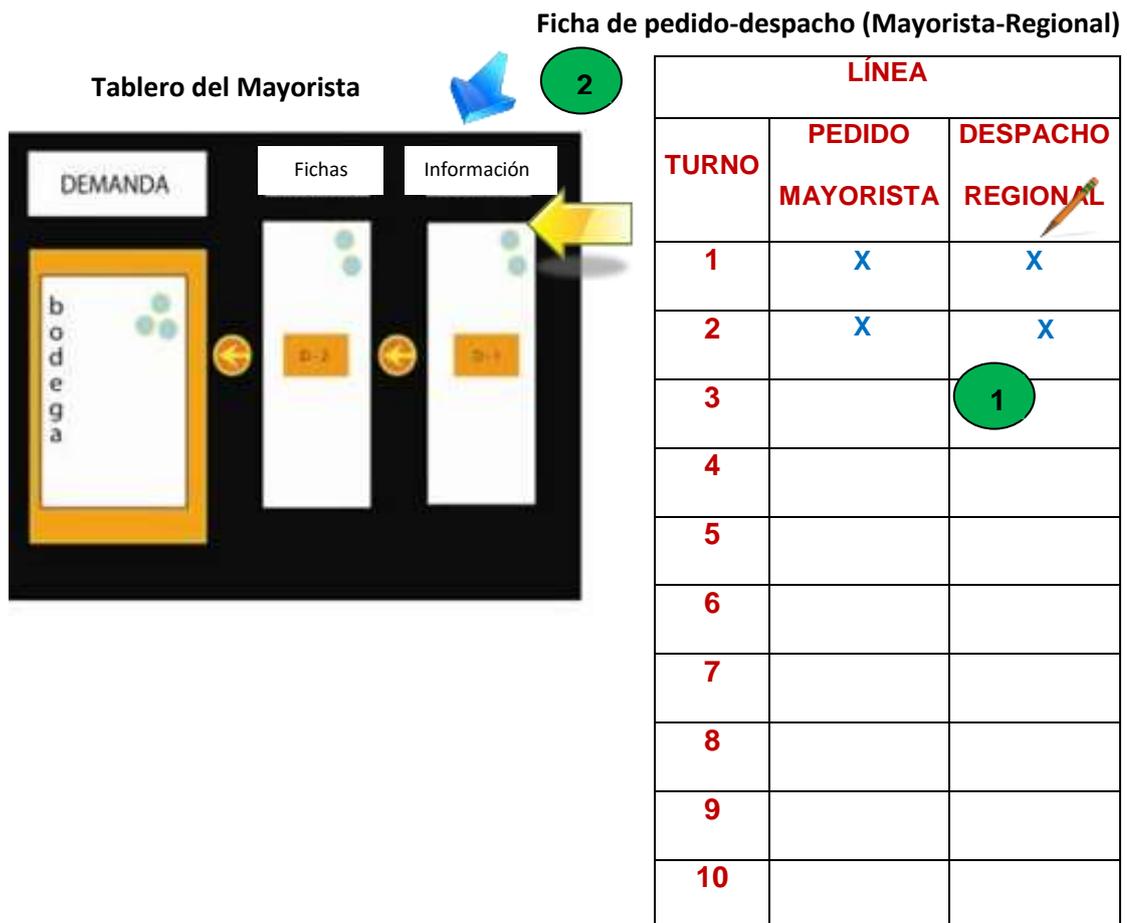


FIGURA 3.39 INFORMACIÓN PARA EL MAYORISTA

Hoja de Control del Regional

LÍNEA			
TURNO	PEDIDO	DESPACHO	
	MAYORISTA	REGIONAL	BACKORDER
1	X	X	-
2	X	X	Y
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

3

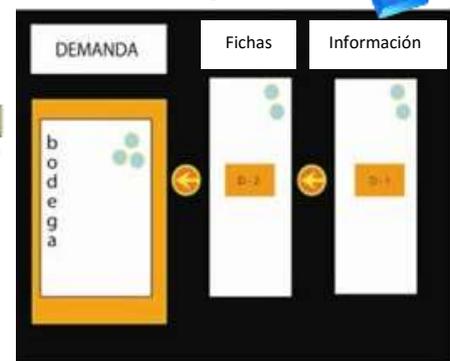
FIGURA 3.40 INFORMACIÓN DEL DESEMPEÑO DEL REGIONAL

- Finalmente debe generar el pedido a la Fábrica (figura 3.41):
 1. Tomar la ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA) del área de información del tablero y comparar lo anotado con lo despachado.
 2. Registrar en la ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA) la orden de pedido del turno $t+1$.
 3. Colocar la ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA) bocabajo en el área de demanda de la Fábrica, quien despachará lo registrado en el siguiente turno.

Ficha de pedido-despacho (Regional-Fábrica)

LÍNEA		
TURNO	PEDIDO	DESPACHO
	REGIONAL	FÁBRICA
1	X	X
2	X	X
3	X	
4	2	
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tablero del Regional



Tablero de la Fábrica



FIGURA 3.41 GENERAR PEDIDO A LA FÁBRICA

REGLAS ESPECÍFICAS - FÁBRICA

PEDIDO DEL PRODUCTO

El ingreso de productos (cilindros) a la bodega de la Fábrica es por medio de pedidos realizados a Producción. Como se observa en la Figura 3.42, se debe llenar ficha de orden de producción según la cantidad que se necesite (no olvidar que la capacidad de almacenamiento no es una restricción). El pedido entregado por Producción estará disponible en la bodega después de dos turnos.

LINEA	
TURNO	ORDEN DE PRODUCCION
1	
2	
3	
4	Área que se debe llenar
5	
6	
7	
8	
9	
10	

FIGURA 3.42 FICHA ORDEN DE PRODUCCIÓN

La ficha de orden de producción tiene capacidad para registrar la información de 10 turnos. Al finalizar cada turno, la ficha debe ser colocada en el área de demanda de Producción con el propósito que Producción proceda a despachar los productos en el siguiente turno.

Si se decide no pedir en un turno, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

DESPACHO DEL PRODUCTO

El despacho del producto se realiza por los pedidos del Regional. El Regional entrega a la Fábrica una ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA) con la cantidad de producto solicitado.

La Fábrica de acuerdo a su nivel de stock, debe despachar una cantidad menor o igual a la pedida más los backorders que tenga pendiente.

Como se observa en la Figura 3.43, la ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA), tiene capacidad para registrar la información de pedido y despacho de 10 turnos. Cada vez que se registre dicha información, debe ser colocada en el área de información del Regional para que este vuelva a registrar su pedido o para ser recogida por el Jefe de Mesa cuando sea necesario.

LÍNEA		
TURNO	PEDIDO REGIONAL	DESPACHO FÁBRICA
1		
2		
3		
4	Área que se	
5	debe llenar	
6		
7		
8		
9		
10		

FIGURA 3.43 FICHA PEDIDO-DESPACHO (REGIONAL-FÁBRICA)

Si no se despacha producto, se debe registrar cantidad **cero (0)**.

Los backorders son acumulativos. Se sugiere que durante la simulación, cumpla con los despachos incompletos.

El despacho se realiza en camiones de capacidad 10 cilindros, costo asumido por el Regional.

No se puede revocar órdenes de pedidos ni despachos.

HOJA DE CONTROL

La Fábrica debe llenar la siguiente Hoja de Control. Debe anotar el pedido del Regional, el despacho que le realiza la Fábrica y los backorder pendientes. Figura 3.44.

Esta Hoja de Control va a servir a la Fábrica como información para evaluar su desempeño en la cadena de distribución.

LINEA			
TURNO	PEDIDO REGIONAL	DESPACHO FÁBRICA	BACKORDER
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

FIGURA 3.44 HOJA DE CONTROL DE LA FÁBRICA

REGLAS DE LA SIMULACIÓN

- La Fábrica cuenta con un pedido inicial de cilindros por parte de Producción, 20 cilindros en tránsito a 2 días (en la posición D1 del tablero) y 20 cilindros en tránsito a 1 día (posición D2 del tablero) y un nivel de stock inicial, como se observa en la Figura 3.45:

Tablero de la Fábrica



FIGURA 3.45 POSICIÓN INICIAL

- Como se observa en la Figura 3.46, en cada turno (*turno t*), el primer paso es mover el producto en tránsito:
 - Desde la posición D2 del tablero hacia la bodega de producto disponible.
 - Desde la posición D1 hacia la posición D2 del tablero.

Tablero de la Fábrica

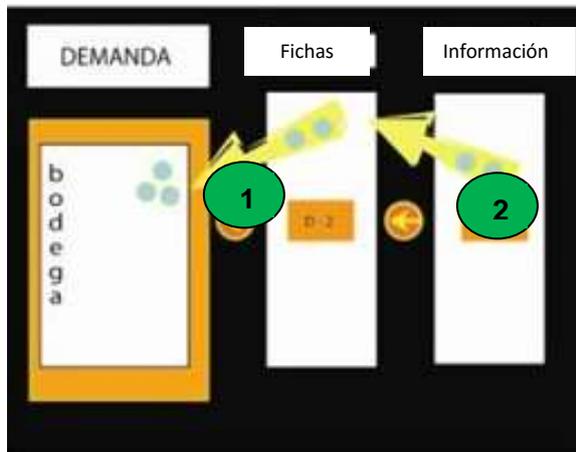


FIGURA 3.46 MOVIMIENTO DE PRODUCTO EN TRÁNSITO

- Al finalizar los movimientos de producto en tránsito, se debe (figura 3.47):

1. Revisar la demanda del Regional en la ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA) del área de demanda.
2. Despachar físicamente el producto a dos días en tránsito (posición D1 del tablero del Regional).



FIGURA 3.47 DESPACHO AL REGIONAL

Usted es la Fábrica

- El siguiente paso (figura 3.48) es informar al Regional sobre el despacho realizado:
 1. En la ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA) donde el Regional solicitó el producto, se debe registrar la cantidad despachada.
 2. Colocar la ficha de pedido-despacho (REGIONAL-FÁBRICA) en el área de información del tablero del Regional.
 3. Se debe registrar en la Hoja de Control, el pedido del Regional, la cantidad despachada y los backorder del turno t (figura 3.49).



FIGURA 3.48 INFORMACIÓN PARA EL REGIONAL

Hoja de Control de la Fábrica

LINEA			
TURNO	PEDIDO	DESPACHO	BACKORDER
	REGIONAL	FÁBRICA	
1	X	X	-
2	X	X	Y
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

3

FIGURA 3.49 INFORMACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA FÁBRICA

- Finalmente debe generar el pedido a Producción (figura 3.50):
 1. Tomar la ficha de orden de producción del área de información del tablero y comparar lo anotado con lo despachado.
 2. Registrar en la ficha de orden de producción la orden de pedido del turno $t+1$ (solo para el inicio turno 1 debe generar el pedido para que Producción despache inmediatamente).
 3. Colocar la ficha de orden de producción bocabajo en el área de demanda del Producción quien despachará lo registrado en el siguiente turno.

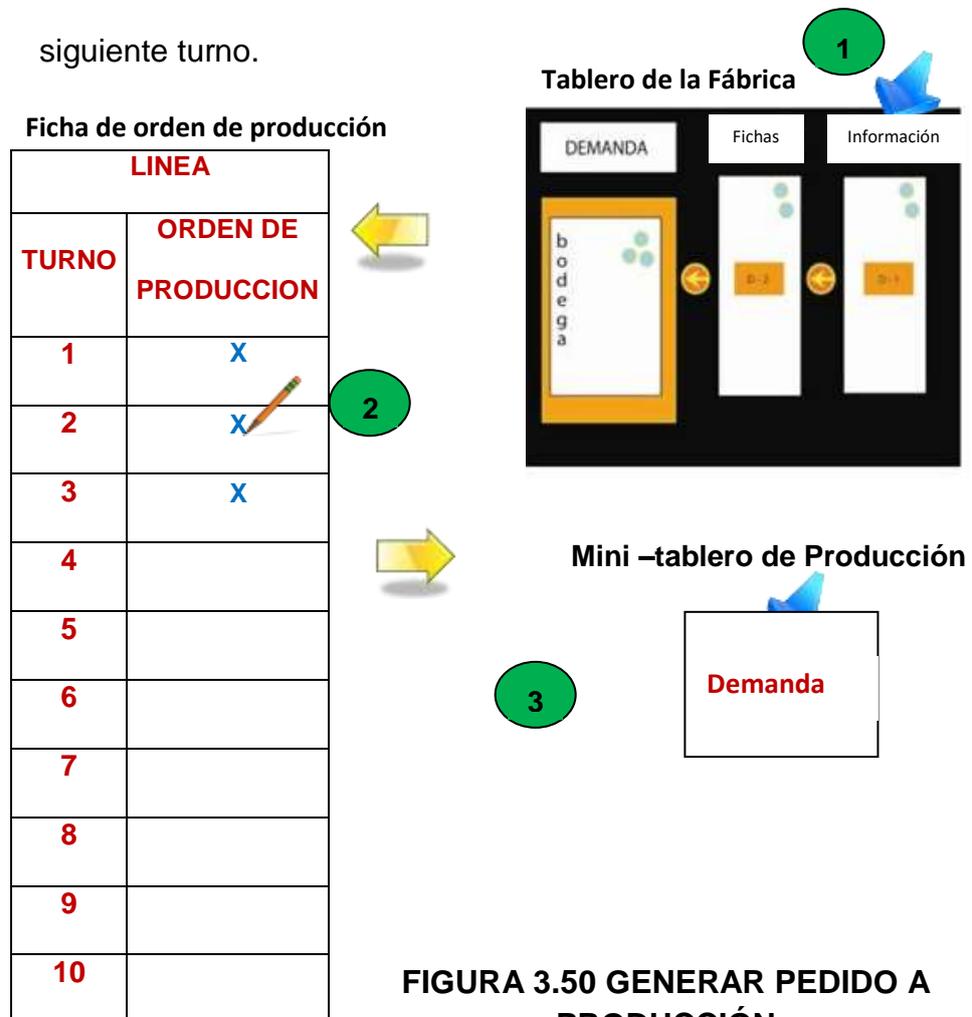


FIGURA 3.50 GENERAR PEDIDO A PRODUCCIÓN

REGLAS ESPECÍFICAS - PRODUCCIÓN

DESPACHO DEL PRODUCTO

El despacho del producto se realiza por los pedidos de la Fábrica. Como se observa en la Figura 3.51, la Fábrica entrega a Producción una ficha de orden de producción con la cantidad de producto a fabricar.

Producción despachará la cantidad solicitada, debido a que cuenta con la capacidad necesaria para abastecer la demanda.

La ficha de orden de producción tiene capacidad para registrar información de 10 turnos. Al finalizar cada turno, debe ser colocada en el área de información de la Fábrica para que esta vuelva a registrar su pedido o para ser recogida por el Jefe de Mesa cuando sea necesario.

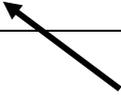
LINEA	
TURNO	ORDEN DE PRODUCCION
1	
2	
3	
4	Área que se debe llenar
5	
6	
7	
8	
9	
10	

FIGURA 3.51 FICHA DE ORDEN DE PRODUCCIÓN

No se puede revocar órdenes producción.

HOJA DE CONTROL

Como se observa en la figura 3.52, Producción debe llenar la siguiente Hoja de Control. Debe anotar el pedido de la Fábrica.

Esta Hoja de Control va a servir a Producción como información para evaluar su desempeño junto con la Fábrica en la cadena de distribución.

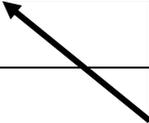
LINEA	
TURNO	ORDENES DE PRODUCCION
1	
2	
3	
4	
5	Área que se debe llenar
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

FIGURA 3.52 FICHA DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN

REGLAS DE LA SIMULACIÓN

- Como se observa en la figura 3.53, al inicio del turno (*turno t*), se debe:
 1. Revisar la demanda de la Fábrica en la ficha de orden de producción del área de demanda.
 2. Despachar físicamente el producto a la Fábrica

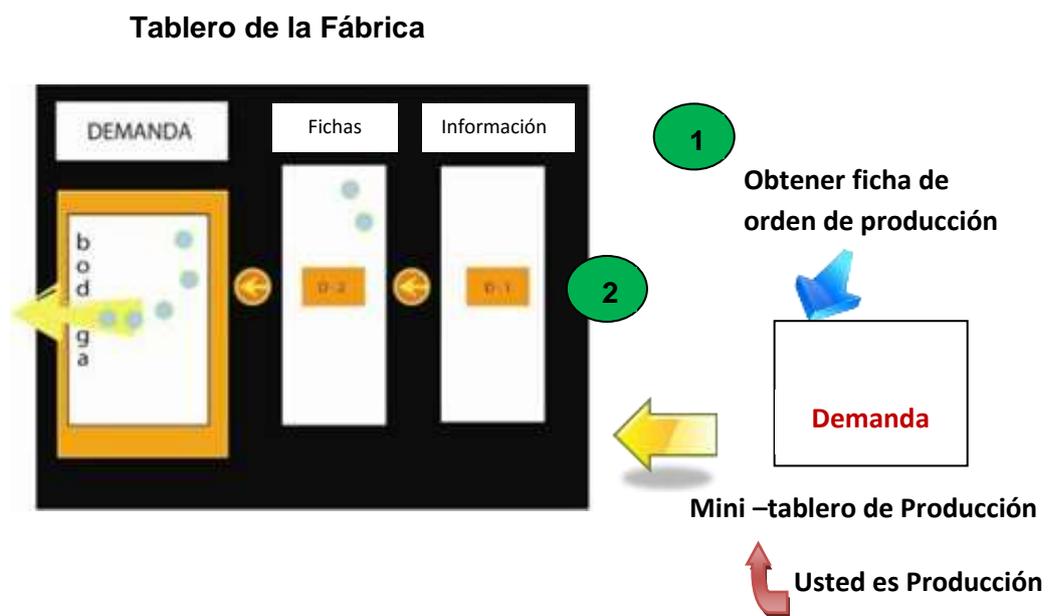
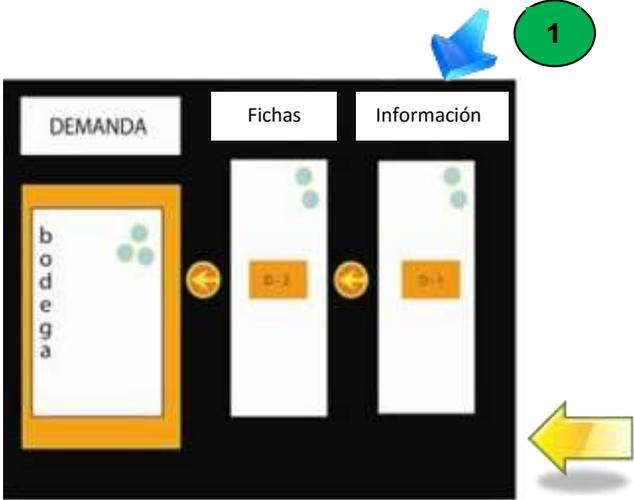


FIGURA 3.53 DESPACHO A LA FÁBRICA

- Como se observa en la figura 3.54, el siguiente paso es informar a la Fábrica sobre el despacho realizado:
 1. Colocar la ficha de orden de producción en el área de información del tablero de la Fábrica.
 2. Se debe registrar en la Hoja de Control la cantidad ordenada a producir por la Fábrica (figura 3.55)



1 Ficha de orden de producción

LINEA	
TURNO	ORDEN DE PRODUCCIÓN
1	X
2	X
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

FIGURA 3.54 INFORMACIÓN PARA LA FÁBRICA

Hoja de Control para Producción

LINEA	
TURNO	ORDENES DE PRODUCCION
1	X 
2	X
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

2

FIGURA 3.55 INFORMACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PRODUCCIÓN

COSTOS POR ESLABÓN

Precio de Venta.- Precio de Venta al cliente por parte del proveedor.

Costo de Venta.- Costo de compra del producto

Costos de Transporte.- Costo por viaje (camión), sin importar si el camión va lleno o no.

Costo de Inventario.- Costo de mantener una unidad en la bodega y en tránsito.

Costos Fijos:- Costos básicos que tiene la compañía como sueldos y servicios básicos, alquiler, etc.

Costo de Backorder.- Descuento que se realiza al PVP por no cumplir la demanda a tiempo

Costo de Pedido.- Costo administrativo al generar una orden de compra

TABLA 2

COSTOS POR ESLABÓN

	Fábrica	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda
Precio de venta	\$8,10	\$11,20	\$14,30	\$17,40	\$20,50
Costo de venta	-\$5,00	-\$8,10	-\$11,20	-\$14,30	-\$17,40
% ganancia	38%	28%	22%	18%	15%
\$ ganancia	\$3,10	\$3,10	\$3,10	\$3,10	\$3,10
Transportación	-	-\$2,00	-\$2,00	-\$2,00	-\$2,00
Inventario	-\$2,50	-\$2,50	-\$2,50	-\$2,50	-\$2,50
Costos fijos	-\$180,00	-\$180,00	-\$180,00	-\$180,00	-\$180,00
Backorder	-\$0,60	-\$0,60	-\$0,60	-\$0,60	-

REGLAS PARA EL JEFE DE MESA

SU ROL

El Jefe de Mesa, es la persona encargada de recoger la información que registren los administradores de cada compañía en las fichas de pedido-despacho.

- La ficha de pedido despacho tiene capacidad para registrar la información de pedido y despacho de 10 turnos. Cada vez que se registre dicha información, el proveedor debe colocarla en el área de información de su cliente para que este vuelva a registrar su pedido o para ser recogida por el Jefe de Mesa cuando sea necesario.
- Estas fichas deben ser entregadas al Instructor de la simulación.
- Debe supervisar que cada participante llene la ficha con la información correspondiente en cada turno.

REGLAS PARA EL AUXILIAR DEL JEFE DE MESA

SU ROL

El Auxiliar del Jefe de Mesa, es la persona encargada de las fichas que representan los cilindros de gas.

- Al Inicio de cada turno debe abastecer a la Fábrica con una óptima cantidad de fichas para que esta pueda satisfacer sus órdenes de Producción.
- Durante la simulación, los participantes pueden solicitar al Auxiliar del Jefe de Mesa cambio de fichas
- Durante la simulación, debe recoger las fichas que la Tienda ha entregado al cliente final. Estas fichas debe colocarlas en los mini-tableros de fichas de Producción para que este pueda abastecer a la Fábrica.
- Asegurar la consistencia de datos entre lo anotado vs lo físico de:
 - Lo que entrega la Tienda al Cliente
 - Lo que la Fábrica envía a producir

3.3 Hojas de registro

Los participantes para asegurar que los datos de la simulación sean correctos tendrán unas hojas de registro (ver Anexo IV) para llevar un control de sus movimientos y poder calcular con estos datos cuando sea necesario, su desempeño dentro de la cadena de distribución.

3.4 Documentos de Apoyo

Los documentos de apoyo usados al finalizar una etapa de la simulación son los siguientes:

- Hoja de Evaluación, en la cual el participante autoevalúa su administración como gerente y la cual le permite tomar decisiones de política de inventario (ver Anexo II)
- DRP, para planificar cuanto pedir al proveedor, sabiendo la demanda la demanda del consumidor final (ver Anexo V)

3.5 Presentación de Resultados

Se realizaron varias corridas betas para la validación de los parámetros establecidos.

Con los resultados de estas corridas (ver Anexo VI) se cambiaron parámetros de: demanda del consumidor final, carga inicial y costos. Además se mejoró el sistema de recolección de información.

Para analizar el Efecto Látigo, se va a utilizar los resultados de la simulación final (ver Anexo VIII) de una Cadena de Distribución llamada "Línea 1". Para ver los resultados de las otras líneas participantes en la simulación final ver Anexo VIII

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la simulación:

- **Línea 1**

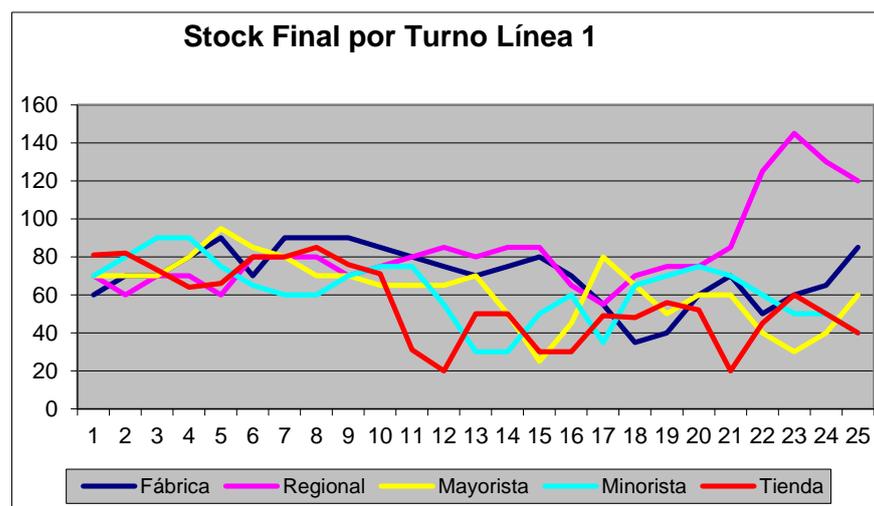


FIGURA 3.56. STOCK FINAL POR TURNO LÍNEA 1

TABLA 3
ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS LÍNEA 1

PÉRDIDAS Y GANANCIAS LÍNEA 1					
	Fábrica	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda
Ventas	4293	5712	7579	9396	11070
(-) Costo de ventas	-2650	-4131	-5936	-7722	-9396
Utilidad bruta	1643	1581	1643	1674	1674
(-) Costo de transporte		-114	-104	-112	-110
(-) Mtto de inventario	-171	-214	-158	-156	-137
(-) Costo de backorder	-63	-39	-102	-117	
(-) Costos fijos	-180	-180	-180	-180	-180
(-) Costo de pedido	-46	-50	-42	-54	-52
Utilidad neta	1183	984	1058	1055	1195

TABLA 4
FLUJO DE CAJA LÍNEA 1

FLUJO DE CAJA LÍNEA 1					
Stock Final	75	90	50	60	70
Cuentas por Pagar	-25	-162	224	143	0
Ingresos	4293	5712	7579	9396	11070
(-) Egresos	-3135	-4890	-6298	-8198	-9875
	1158	822	1282	1198	1195

TABLA 5
NIVEL DE SERVICIO LÍNEA 1

NIVEL DE SERVICIO LÍNEA 1	
Turnos jugados	30
% DE CUMPLIMIENTO	
FÁBRICA	89%
REGIONAL	86%
MAYORISTA	93%
MINORISTA	89%
TIENDA	86%
On Time In Full	
FÁBRICA	80%
REGIONAL	57%
MAYORISTA	77%
MINORISTA	70%
TIENDA	57%
CANTIDAD DE BACKORDERS	
FÁBRICA	6
REGIONAL	13
MAYORISTA	7
MINORISTA	9
TIENDA (ventas perdidas)	13

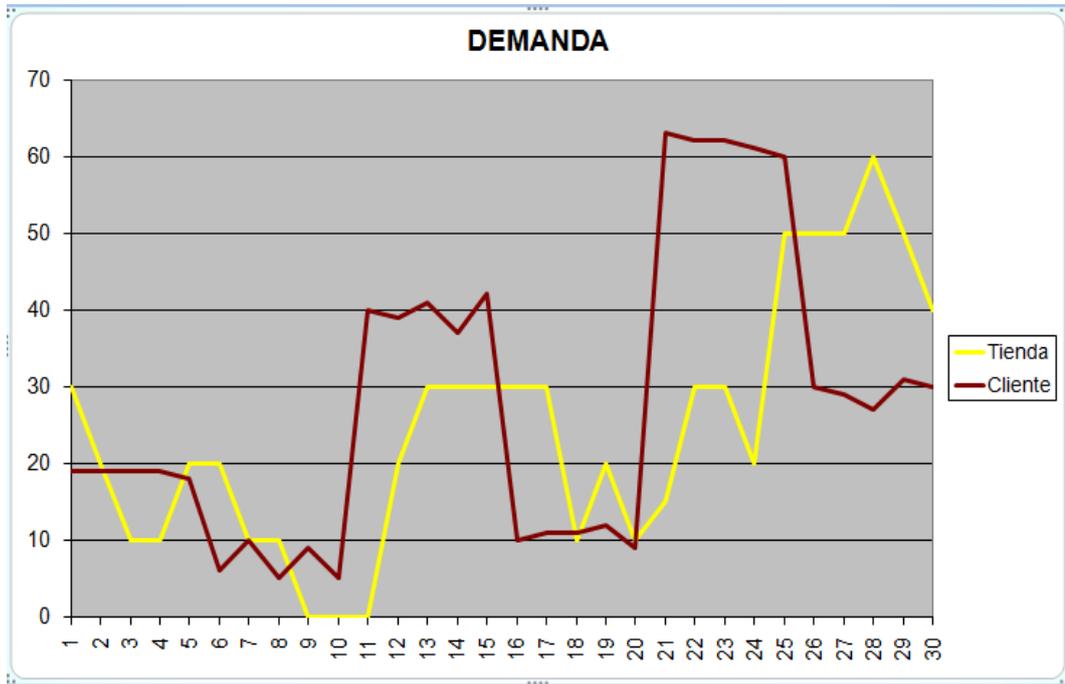


FIGURA 3.57. DEMANDA CLIENTE-TIENDA LÍNEA 1

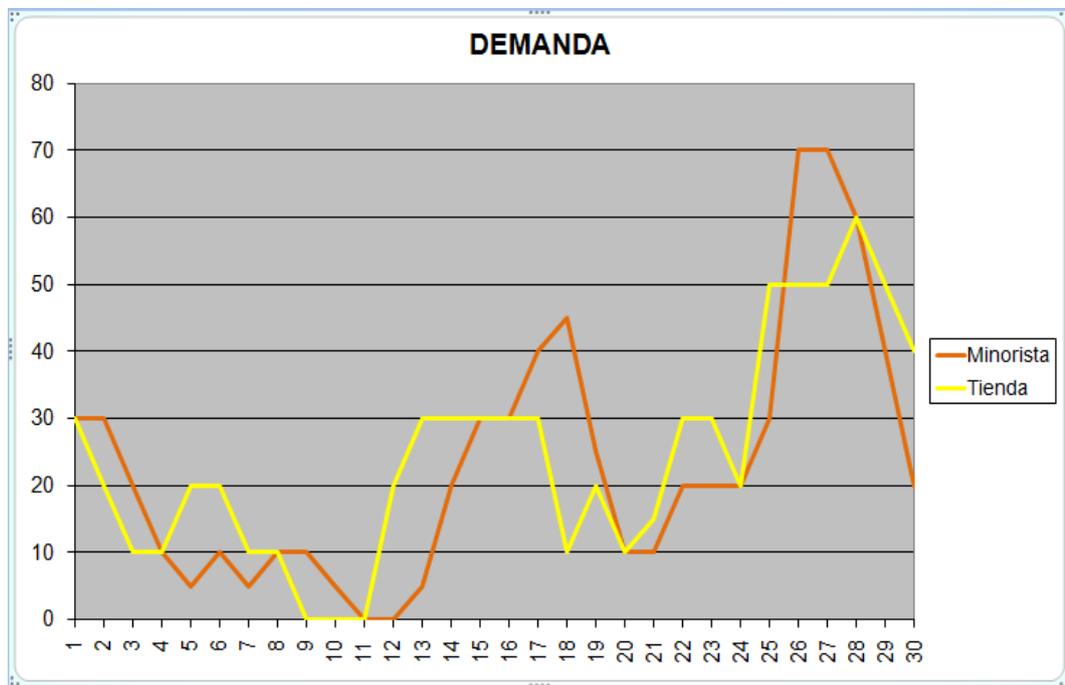


FIGURA 3.58 DEMANDA TIENDA-MINORISTA LÍNEA 1

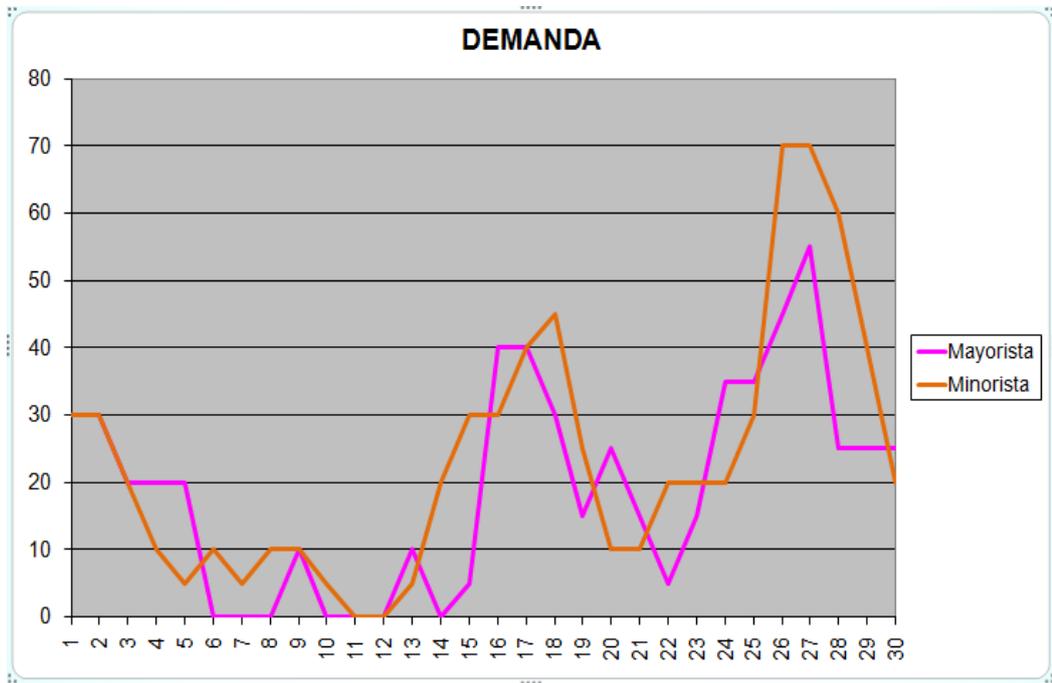


FIGURA 3.59. DEMANDA MINORISTA-MAYORISTA LÍNEA 1

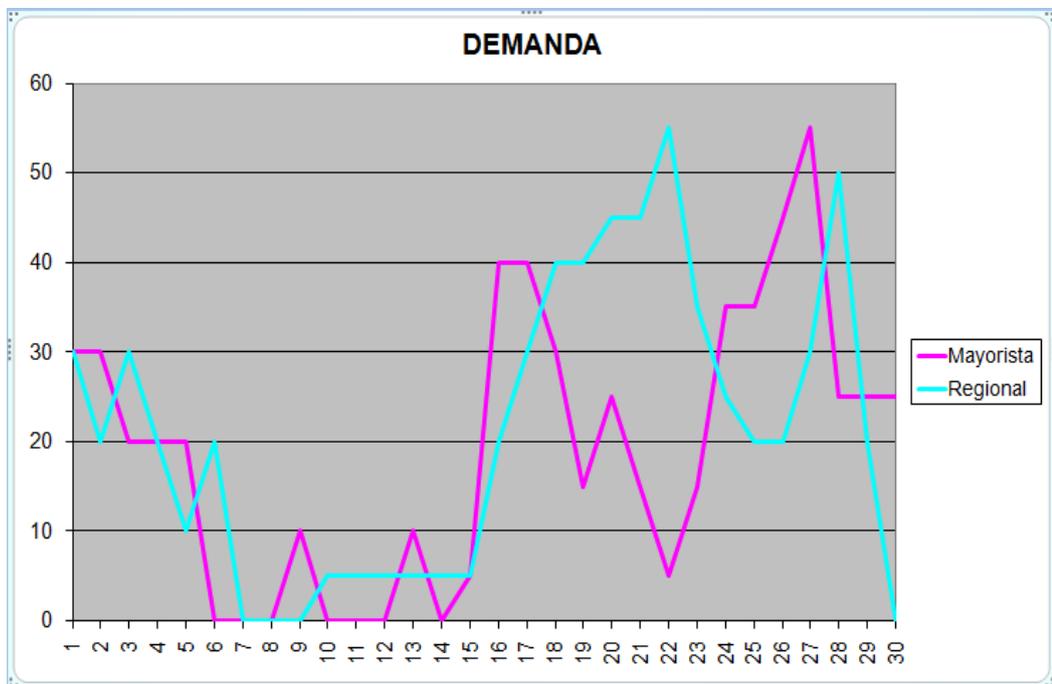


FIGURA 3.60. DEMANDA MAYORISTA-REGIONAL LÍNEA 1

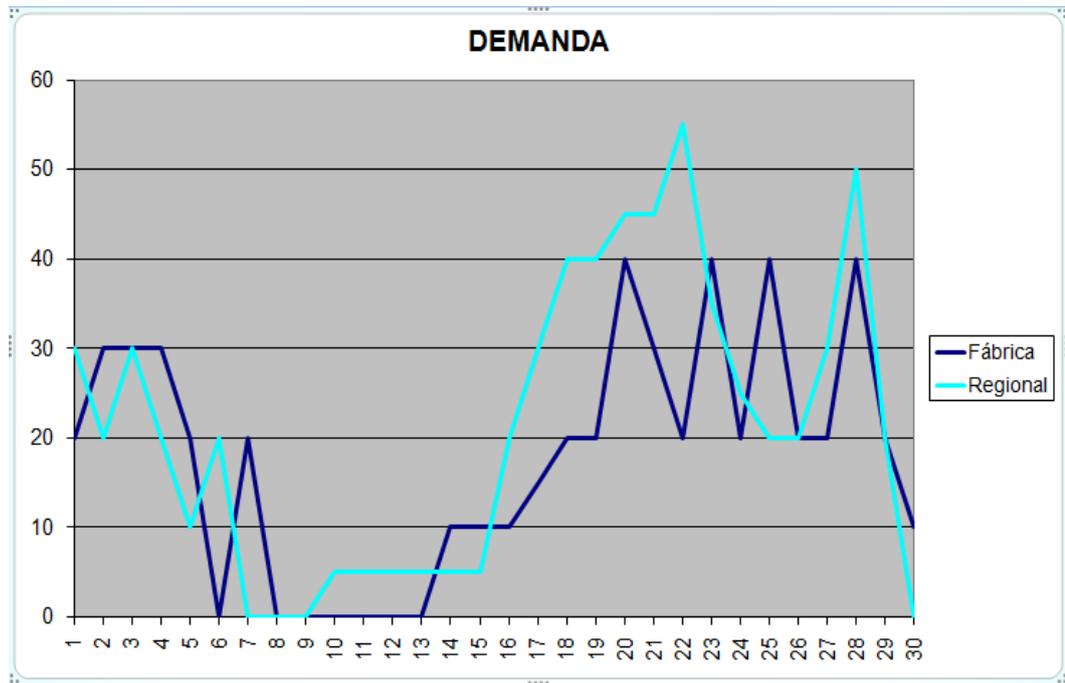


FIGURA 3.61. DEMANDA REGIONAL-FÁBRICA LÍNEA 1

Las figuras 3.56 – 3.61 corresponden a la primera etapa de la simulación en donde los participantes toman sus decisiones de manera empírica

En las figuras 3.57 – 3.61 de demanda se evidencia el efecto Forrester por las siguientes razones:

- **Efecto reactivo por parte del proveedor.**

En cada turno, un eslabón realiza pedidos a su proveedor en función de lo que pida su cliente y de su nivel de stock; esto es: “Si

el cliente pide *mucho*, se pide *mucho*. Si el cliente pide *poco*, se pide *poco*". La demanda de las demandas de los eslabones es forzada a comportarse de acuerdo a las cantidades que solicita el cliente del eslabón y no a las necesidades del mercado.

Al ser reactivo con el cliente no necesariamente se ofrece un buen servicio, debido a que si el cliente pide una cantidad M y se despacha N ($M > N$) la solución no es pedir M o una cantidad mayor al proveedor. El servicio ya está afectado por el incumplimiento de la orden puesta por el cliente. Existe la posibilidad de completar el pedido pero se vende el producto con descuento debido al backorder.

- **Desfase en los niveles de demanda entre eslabones**

Para satisfacer un pedido de consumidores finales del día t , la Tienda debe tener stock suficiente el día t , el Minorista debe tener la capacidad de satisfacer un pedido para completar el stock necesario para la Tienda en el día $t-2$, el Mayorista debería estar en capacidad de completar ese stock en el día $t-4$ y así sucesivamente.

De esta manera las demandas deben tener el siguiente comportamiento (Tabla 6)

TABLA 6
DESFASE CORRECTO DE LAS DEMANDAS

O/P Fábrica	Demandas				
	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda	Consumidor es finales
$D(t-10)$	$D(t-8)$	$D(t-6)$	$D(t-4)$	$D(t-2)$	$D(t)$

Es decir que lo que pide un eslabón en el turno 1 debe ser similar a lo que pide el eslabón subsiguiente en el turno 3, etc. El comportamiento del mercado es la Demanda de consumidores finales $D(t)$, entonces el desfase de las demandas debe ser hacia la izquierda (ver Figura 3.62) y no hacia la derecha como se evidencia en las figuras 3.57 – 3.61.

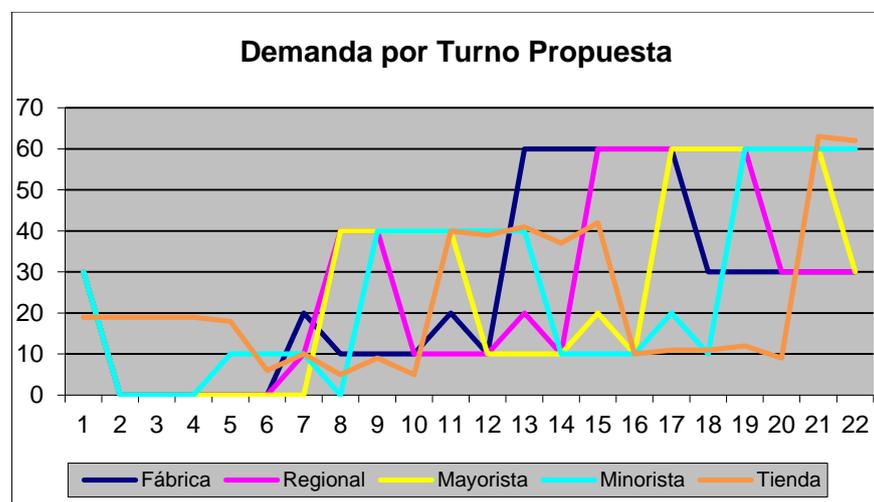


FIGURA 3.62. DEMANDA POR TURNO-PROPUESTA

- Diferencias en las varianzas de las demandas de los eslabones

TABLA 7

VARIANZAS DE LAS DEMANDAS DE LA SIMULACIÓN (30 TURNOS)

Varianzas de Demandas (cilindros cuadrados)

	fábrica	regional	mayorista	minorista	tienda	cliente
Simulación Etapa 1	175,32	270,14	241,52	362,64	262,67	365,34
Solución Propuesta	421,26	386,78	400,57	421,26	400,57	365,34

La tabla 7 muestra las varianzas de las demandas obtenidas en la simulación. Comparando resultados podría sospecharse que el rendimiento de la simulación de la Etapa 1 es mejor que el de la solución propuesta debido a que tiene las menores variaciones. La forma correcta de contrarrestar el Efecto Forrester (Látigo) no es estabilizando la demanda con el fin de reducir la variación. Lo correcto es que las demandas en cada uno de los eslabones tengan una distribución cuya varianza sea similar a la varianza de la demanda de los consumidores finales.

Las figuras 3.63 al 3.67 son gráficos de comparación de la demanda del consumidor final con respecto a la que tuvo cada eslabón.

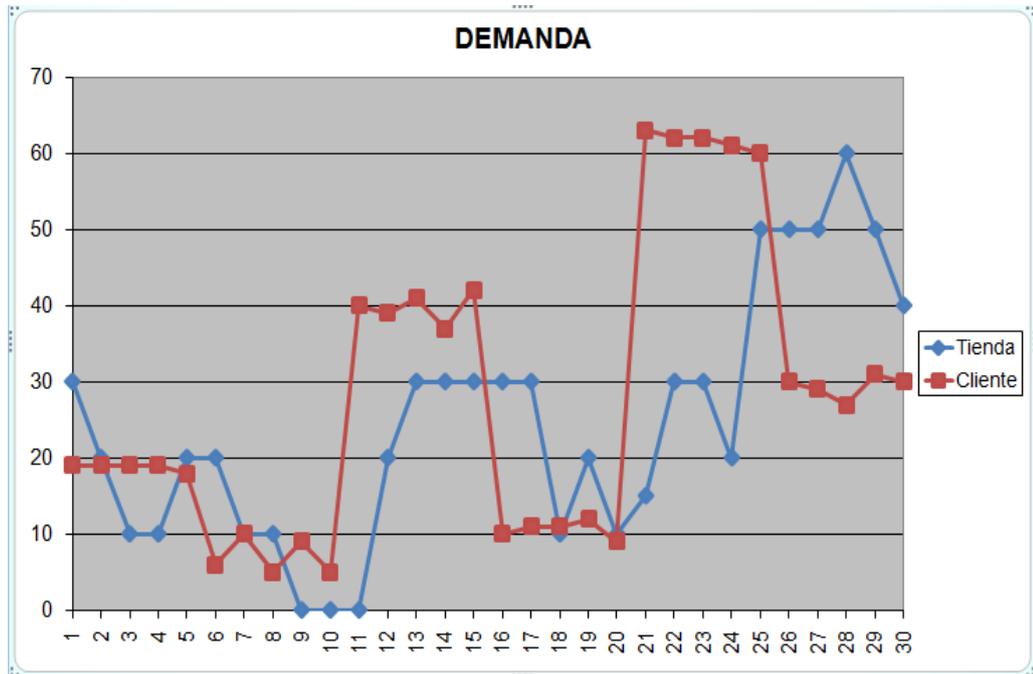


FIGURA 3.63. DEMANDA CLIENTE-TIENDA LÍNEA 1

En la figura 3.63 se evidencia cómo la Tienda reacciona a la demanda de los consumidores finales (cliente). Cuando se produce un cambio de monotonía en la demanda de los consumidores finales, la demanda de la Tienda cambia de monotonía dos turnos después. De esta manera, por ejemplo, en los turnos 18 y 19, en lugar de realizar pedidos para prever la alta demanda de los turnos 20 al 25, realiza pedidos tratando de ajustar la tendencia a la curva de demanda del cliente pero retrasada en dos turnos.

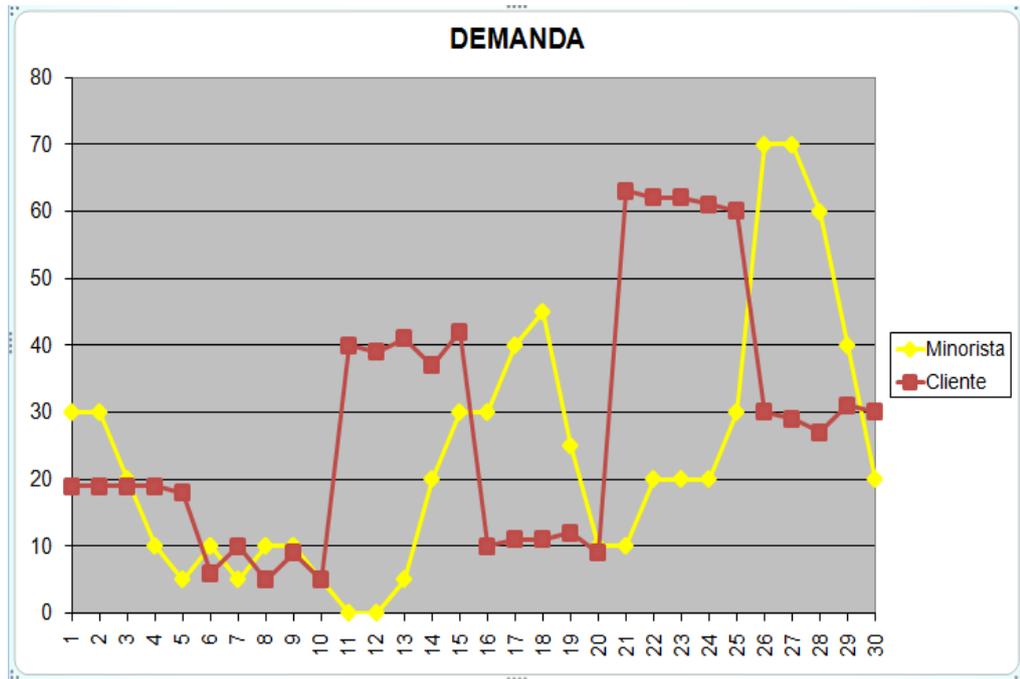


FIGURA 3.64. DEMANDA CLIENTE-MINORISTA LÍNEA 1

La demanda del Minorista también tiene un comportamiento reactivo a la demanda de los consumidores (ver figura 3.64) finales pero en cada cambio de monotonía se observan cambios de pendientes más bruscos debido a que realiza sus requerimientos en función de lo solicitado por la Tienda que ya tiene una curva de demanda retrasada. Es decir, el Minorista asume la “urgencia” que tiene la Tienda de cumplir con una demanda retrasada.

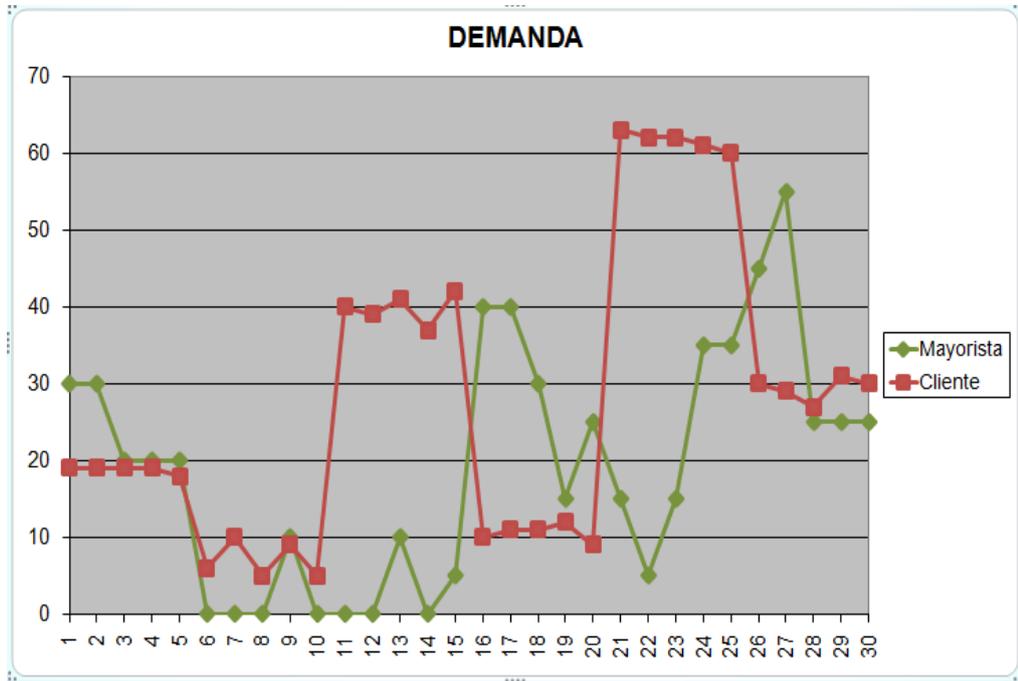


FIGURA 3.65. DEMANDA CLIENTE-MAYORISTA LÍNEA 1

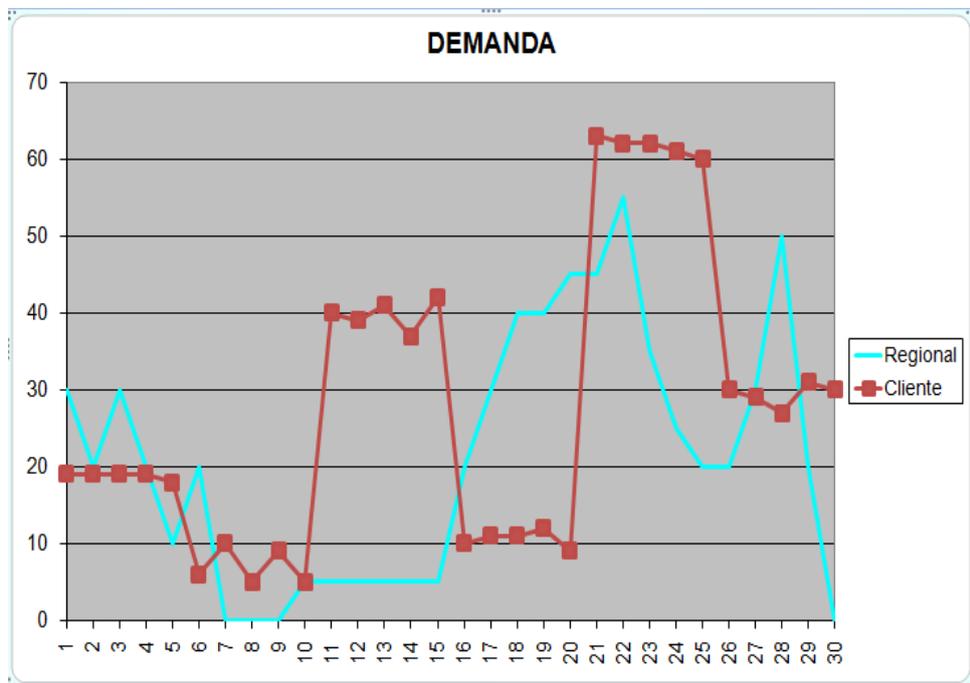


FIGURA 3.66. DEMANDA CLIENTE-REGIONAL LÍNEA 1

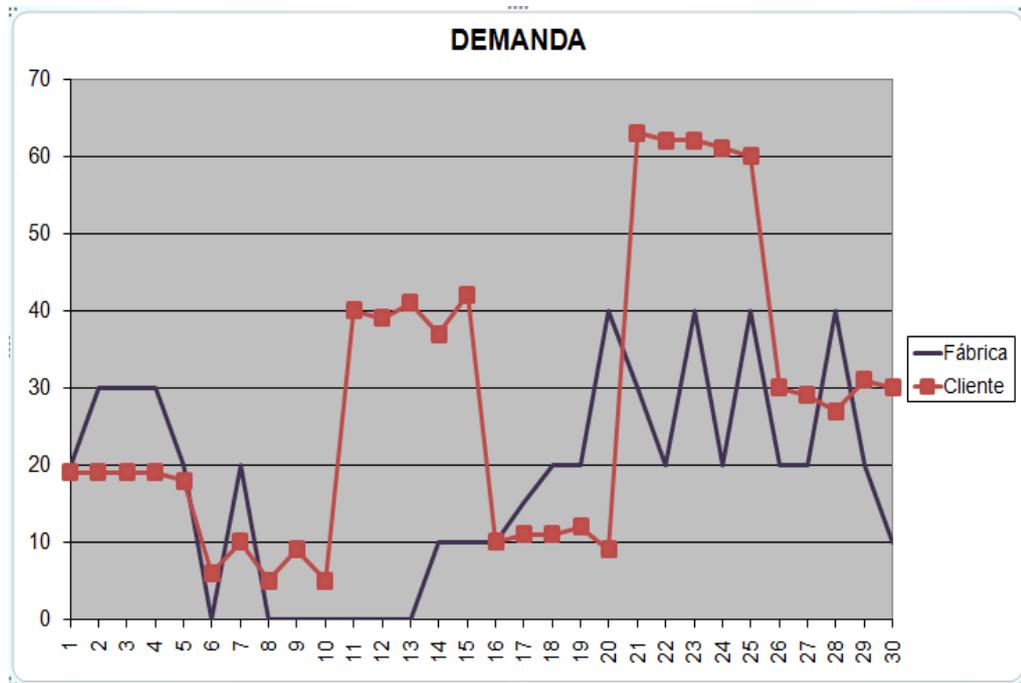


FIGURA 3.67. DEMANDA CLIENTE-FÁBRICA LÍNEA 1

En las figuras 3.65 – 3.67 (mayorista, regional, planta vs cliente) se puede observar un retraso considerable en la demanda de los eslabones respecto a los consumidores finales, en donde una disminución de la demanda de consumidores finales durante un intervalo, provoca que los eslabones no realicen pedidos durante más de dos turnos, para luego incrementar la demanda durante los últimos turnos teniendo picos cuando la demanda debería tender a estabilizarse de acuerdo con la distribución indicada en el capítulo 2.

El Efecto Látigo también se puede evidenciar en los gráficos de inventario como se muestra en las figuras 3.68 - 3.72:

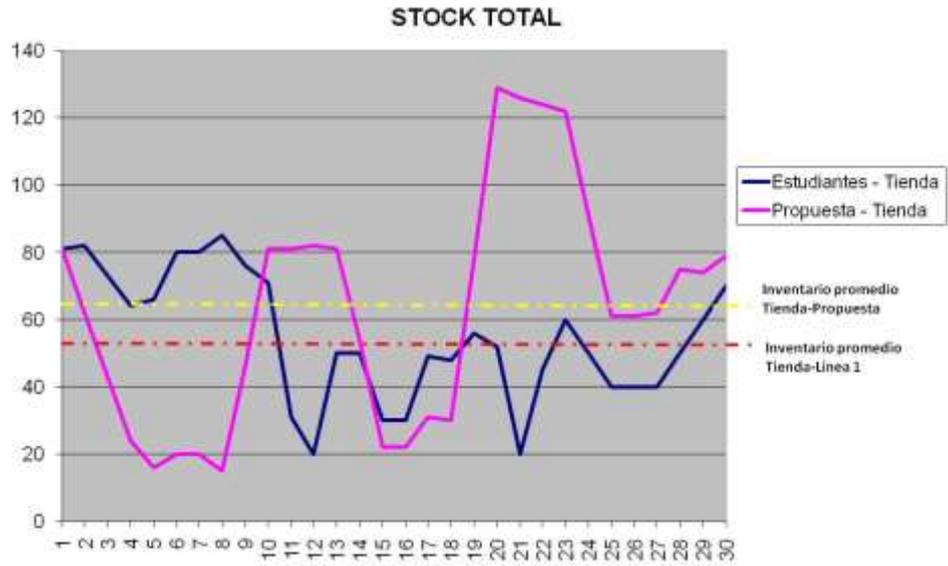


FIGURA 3.68. STOCK TIENDA LÍNEA 1- PROPUESTA

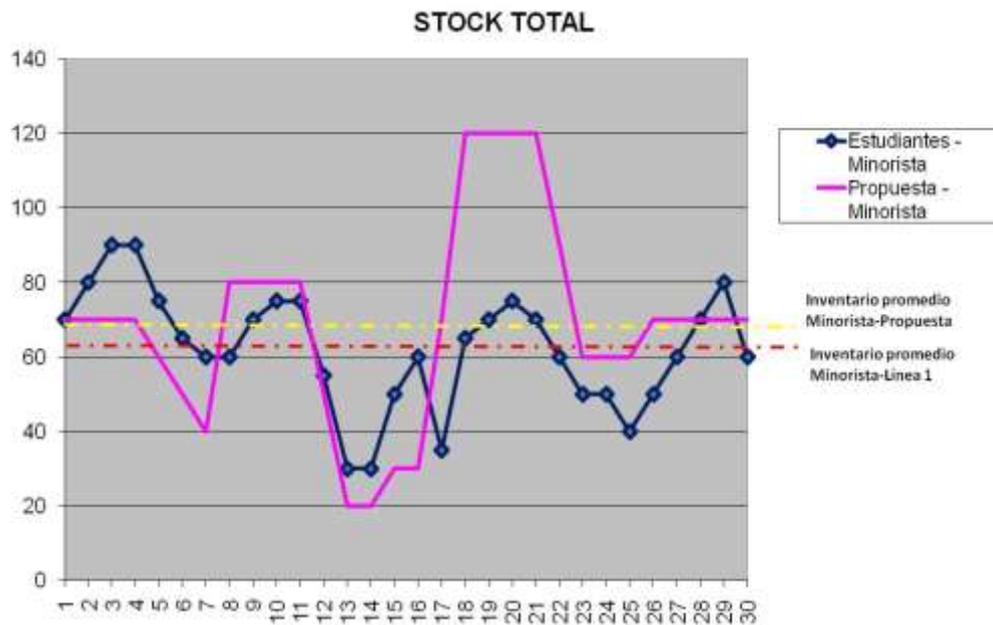


FIGURA 3.69. STOCK MINORISTA LÍNEA 1- PROPUESTA

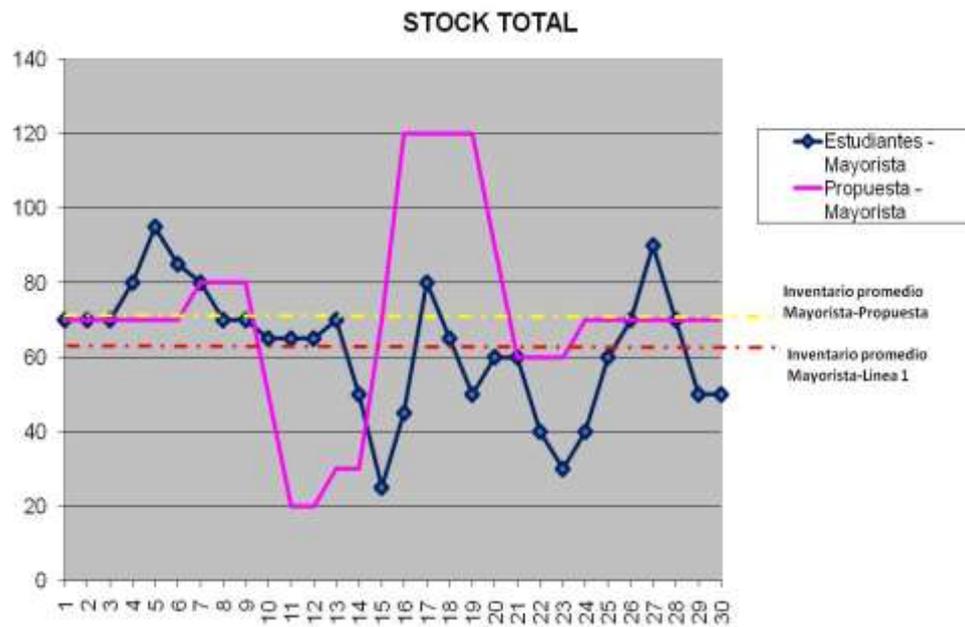


FIGURA 3.70. STOCK MAYORISTA LÍNEA 1- PROPUESTA

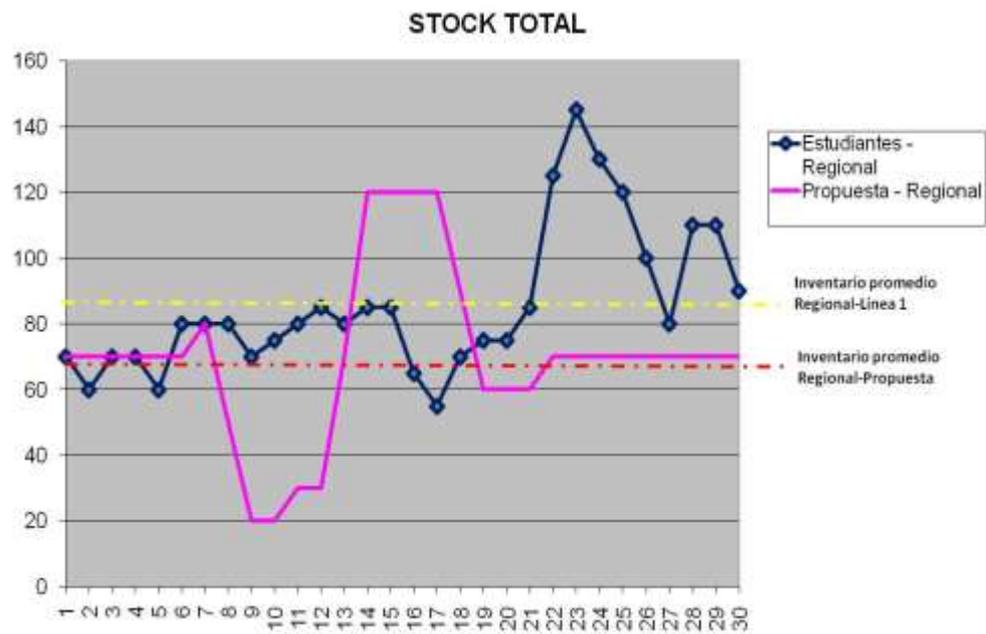


FIGURA 3.71. STOCK REGIONAL LÍNEA 1- PROPUESTA

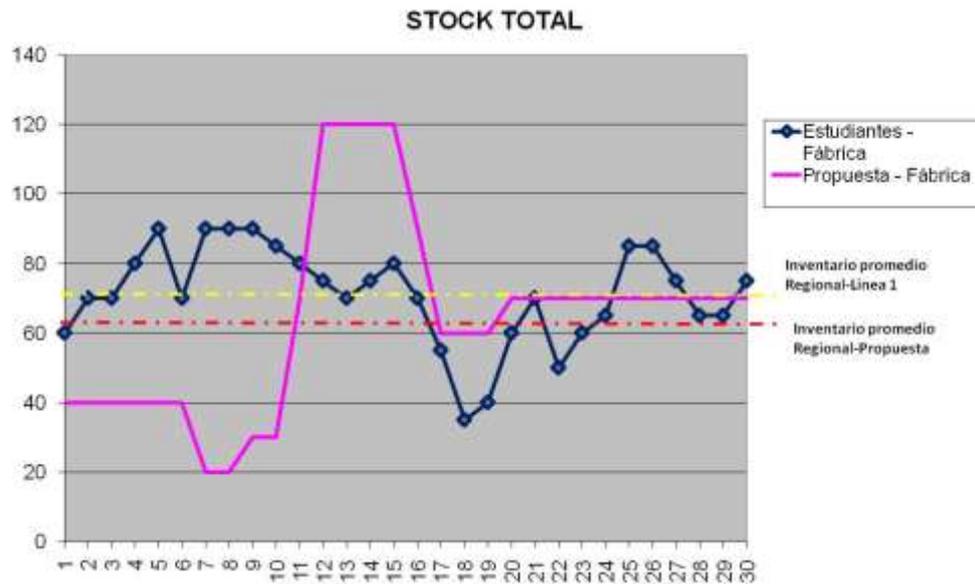


FIGURA 3.72. STOCK FÁBRICA LÍNEA 1- PROPUESTA

TABLA 8

COMPARACIÓN DE INVENTARIOS PROMEDIOS

	INVENTARIO PROMEDIO	
	L1	Propuesta
Tienda	55	63
Minorista	62	69
Mayorista	63	70
Regional	86	70
Fábrica	71	64

A partir de los figuras 3.68 – 3.72 y la Tabla 8 se realiza el siguiente análisis comparativo entre la primera etapa de la simulación y la solución propuesta

STOCK – ESTUDIANTES 1RA. ETAPA	STOCK- SOLUCIÓN PROPUESTA
Las curvas de los niveles de stock tienen un comportamiento similar tanto en media como en monotonía de la curva.	Las curvas de los niveles de stock entre eslabones son exactas pero con el desfase adecuado para cubrir los requerimientos del eslabón subsiguiente.
El flujo de stock entre un eslabón y otro carece de lógica. Los niveles de inventario final al terminar cada turno son excesivos; la rotación es muy lenta.	El flujo es el adecuado. Los productos que llegan a la bodega de cada eslabón. La rotación es alta debido a que el producto que llega en un turno t es el necesario para cubrir en su totalidad o para completar un pedido.
Al mantener niveles de stock no adecuados se incurre en costos adicionales por mantenimiento de inventario (por superávit) o en costos de backorders/ventas perdidas (por déficit).	Al mantener los niveles exactos de stock se minimiza el costo por mantenimiento de inventario en bodega y no existe el costo por backorders o ventas perdidas.

Indicador Bullwhip

De acuerdo a Fransoo y Wouters (2000), es importante definir bien la medida del Efecto Bullwhip, siendo la idónea la relación entre varianzas, la cual va a reflejar la variabilidad que se transmite a lo largo de la cadena de distribución.

Chen (2000), como ratio para medir la distorsión de las órdenes de pedido al proveedor con respecto a la demanda del cliente que es cada eslabón, propone utilizar el indicador bullwhip para evaluar el desempeño del canal de distribución:

$$Bullwhip = \frac{\sigma_{demanda\ de\ cliente}^2}{\sigma_{pedidos\ al\ proveedor}^2}$$

Para el caso propuesto, podría estimarse el indicador como:

$$Bullwhip \approx \frac{S_{demanda\ de\ cliente}^2}{S_{pedidos\ al\ proveedor}^2}$$

Este indicador evalúa la variación de la demanda del cliente de un eslabón respecto a la variación de los pedidos que éste eslabón realiza. De esta manera el nivel ideal del indicador *bullwhip* es uno; es decir, la variación de demandas y pedidos es la misma bajo el supuesto de igualdad de medias. Indiferentemente de que la varianza de la demanda o de los pedidos corresponda al numerador o al denominador, mientras más alto sea el valor del indicador o mientras más se aproxime a cero, el desempeño un eslabón comparado con otro está lejos de ser el óptimo; por tanto el indicador Bullwhip compara dos eslabones no necesariamente contiguos en el canal de distribución evaluando el desempeño en función de las varianzas de las demandas.

TABLA 9
INDICADOR BULLWHIP ETAPA 1 DE LA SIMULACIÓN

BULLWHIP - SIMULACIÓN ETAPA 1

	fábrica	regional	mayorista	minorista	tienda	cliente
fábrica		1,54	1,38	2,07	1,50	2,08
regional			0,89	1,34	0,97	1,35
mayorista				1,50	1,09	1,51
minorista					0,72	1,01
tienda						1,39

TABLA 10
INDICADOR BULLWHIP DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

BULLWHIP - SOLUCIÓN PROPUESTA

	fábrica	regional	mayorista	minorista	tienda	cliente
fábrica		0,92	0,95	1,00	0,95	0,87
regional			1,04	1,09	1,04	0,94
mayorista				1,05	1,00	0,91
minorista					0,95	0,87
tienda						0,91

En las tablas 9 y 10 se muestran los indicadores *Bullwhip* combinando todas las demandas (*serie de columna / serie de fila*) de lo que se puede concluir que al no conocer las necesidades de los consumidores finales, el rendimiento del canal de distribución disminuye (Tabla 9) dado que los valores se alejan del valor ideal, el cual debería ser como se muestra en la Tabla 10 en la que los valores son muy cercanos a la uno

- **Resumen de resultados**

TABLA 11
RESULTADOS ETAPA 1

ANTES	L1	L2	L3
Utilidad	\$ 5.474	\$ 7.604	\$ 4.574
Flujo de Caja	\$ 5.654	Negativo	Negativo
% de Cumplimiento	89%	84%	81%
OTIF	68%	71%	61%

Un flujo de caja negativo indica que en realidad no existe utilidad porque no existe el dinero para pagar todo el producto que se compro (ver Tabla 11)

Si se comparan los resultados obtenidos por las 3 líneas, ninguna alcanzó un nivel adecuado en la administración de su inventario, aunque mejoraron la utilidad y flujo de caja, no pudieron alcanzar un nivel de servicio del 90% como mínimo establecido en el caso de estudio (ver Tabla 12)

TABLA 12
MEJORA VS. ÓPTIMO

MEJORA	L1	L2	L3	Propuesta
Utilidad	\$ 8.457	\$ 11.668	\$ 10.157	\$ 10.017
Flujo de Caja	\$ 7.763	Negativo	\$ 8.079	\$ 10.601
% de Cumplimiento	89%	95%	89%	100%
OTIF	70%	86%	79%	100%

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con este caso de estudio se logra que los participantes comprendan de manera interactiva las causas y consecuencias del Efecto Forrester (Látigo). En la primera etapa los eslabones tendieron a enfocarse en óptimos locales perjudicando el nivel de servicio de otros eslabones y su eficiencia y más aún a los consumidores finales
- Como causas básicas del Efecto Forrester se destacan la carencia de enfoque en las necesidades reales del mercado al sólo identificar la demanda del eslabón subsiguiente además del establecimiento de políticas de inventario individualistas que obligan a competir a los eslabones de un mismo canal de distribución.

- Al no conocer las necesidades del mercado, los participantes en cada eslabón tienen un comportamiento reactivo que conlleva a un insatisfactorio nivel de servicio en la entrega de producto y a elevar el costo por mantenimiento de inventario por adquisiciones realizadas con un desfase incorrecto que consiste en pedir una cantidad de producto para completar un pedido en el que ya se incurrió en backorder. El correcto desfase se da cuando los eslabones se anticipan en conjunto a la demanda de los consumidores finales, para que fluyan las cantidades correctas desde la Fábrica hacia la Tienda.
- Un indicador crítico es el *bullwhip* que por definición establece que el mejor desempeño se obtiene cuando la relación entre las varianzas de demanda del cliente y pedidos al proveedor se aproxima más a la unidad; es decir, para contrarrestar el Efecto Forrester la solución no es estabilizar la variación de los pedidos de los intermediarios, sino, tener conocimiento de las necesidades del mercado y adoptar un comportamiento similar en los pedidos al proveedor con el desfase adecuado.
- El inventario representa dinero por ello la importancia de la correcta administración del mismo. Si se compara el inventario promedio que se tiene contra lo recomendable que se debe tener, se tiene que si este es por encima del recomendado, se ve

reflejado en el costo de manejo de inventario, pero si está por debajo tampoco es bueno porque se tendría un nivel bajo de nivel de servicio porque se incurriría en backorders. Un inventario excesivo es costoso y la falta de él afecta el nivel de servicio, todo lo contrario a los objetivos principales de la logística: mantener un alto nivel de servicio necesario al menor costo

- Las empresas compiten con sus canales de distribución, lo que quiere decir que la utilidad que gana cada eslabón es en realidad la que haya ganado toda la cadena de distribución. Por eso la importancia la colaboración entre todos los eslabones para generar entre todos la mayor utilidad posible del negocio.
- El flujo de caja muestra el movimiento de efectivo (ingresos y egresos) que tuvo el eslabón durante un tiempo de corrida de la simulación, e indica si el eslabón genera suficiente dinero para las necesidades de compra y pago del producto y para la sostenibilidad del negocio en el futuro. Si el flujo de caja es negativo, la utilidad del eslabón en realidad no existiría y quebraría como negocio.
- La efectividad del canal de distribución depende de que todos a lo largo de la cadena conozcan la demanda real del consumidor final mediante un intercambio constante de la información con el fin de hacer una planificación eficiente de su inventario para poder

anticiparse a la demanda futura de forma que puedan responder inmediatamente ante los pedidos de su cliente.

4.2 Recomendaciones

-Para que la simulación sea exitosa se requiere el cumplimiento de los siguientes parámetros por parte de los participantes, instructores y jefes de mesa:

- Leer bien las reglas para la actividad a la que haya sido asignado. También es necesario despejar cualquier duda que se presente antes de empezar la simulación.
- De ser posible, colocar a dos personas por cada eslabón para tener una mejor organización
- No permitir que los eslabones compartan información incluso que tengan contacto durante las etapas 1 y 2 de la simulación.
- Durante los primeros turnos realizar los pasos paulatinamente para garantizar la comprensión del orden de las transacciones
- Asegurar que los participantes escriban correctamente la información en las cartillas.

-Las condiciones propuestas en el caso de estudio pueden incluir otras condiciones si se quiere poner un mayor grado de dificultad a la simulación como por ejemplo: capacidad de bodega limitada, influencia de la capacidad de transporte, capital inicial para ser administrado, etc

APÉNDICES

ANEXO I

DETERMINACIÓN DE MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA DE LOS CONSUMIDORES FINALES

Se definen las siguientes variables:

i es el intervalo ($i = 1, 2, 3, \dots, 6$)

μ_i es la demanda del i -ésimo intervalo

n_i es el número de turnos que comprende el i -ésimo intervalo

N es el número total de turnos de la simulación

A continuación se calculan los 2 parámetros de la estadística descriptiva según Calot (1985), los cuales ayudarán para determinar la distribución de los consumidores finales

Media de la distribución:

Intervalo	Número de turnos	Media
del 1 al 5	5	20
del 6 al 10	5	5
del 11 al 15	5	40
del 16 al 20	5	10
del 21 al 25	5	60
del 26 al 50	25	30

Se determina la media de la distribución (μ) como la suma de las medias ponderada según el número de turnos en que la demanda se distribuye con dicha media.

$$\mu = \sum_{i=1}^6 \frac{\mu_i \times n_i}{N}$$

De esta manera se obtiene.

$$\mu = \frac{20 \times 5 + 5 \times 5 + 40 \times 5 + 10 \times 5 + 60 \times 5 + 30 \times 25}{50} = \frac{1425}{50} = 28,5 \text{ cilindros}$$

Desviación de la distribución:

La varianza es la suma cuadrática ponderada de las diferencias de las medias en cada intervalo y la media de la distribución

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^6 \frac{(\mu_i - \mu)^2 \times n_i}{N}$$

De lo cual se obtiene:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{210,25} = 14,5 \text{ cilindros}$$

ANEXO II

EVALUACIÓN 1

Evaluación a realizarse al finalizar la primera etapa de la simulación:

PRIMERA EVALUACIÓN

Eslabón: _____

1. Estime la demanda total (D) del período para su negocio.

2. Determine:

a) El stock mínimo para su negocio.

Considere a $\overline{T_R} = 2 \text{turnos}$ y a \bar{C} como la demanda promedio de su cliente por turno.

$$S_{\min} = \bar{C} \times \overline{T_R}$$

b) Una estimación para la desviación del stock mínimo

$$s = \sqrt{\frac{\sum(D_i - D)^2}{n - 1}}$$

3. Datos: =Costo de pedido $C_0 = \$$

Costo de inventario por período $C_h = \$$

Y con base en los cálculos realizados en los puntos (1) y (2), determine:

a) La cantidad económica de pedido EOQ.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times C_0}{C_h}}$$

b) El punto de reorden de su negocio.

$$SS = S_{\min} + z \times \sigma_{\min}$$

4. Calcule el nivel de servicio de su negocio:

a) On time in full

$$OTIF = \frac{\text{Número de pedidos a tiempo y completos}}{\text{Número de pedidos del cliente}}$$

b) El promedio de la cantidad despachada en relación a la cantidad pedida en cada turno.

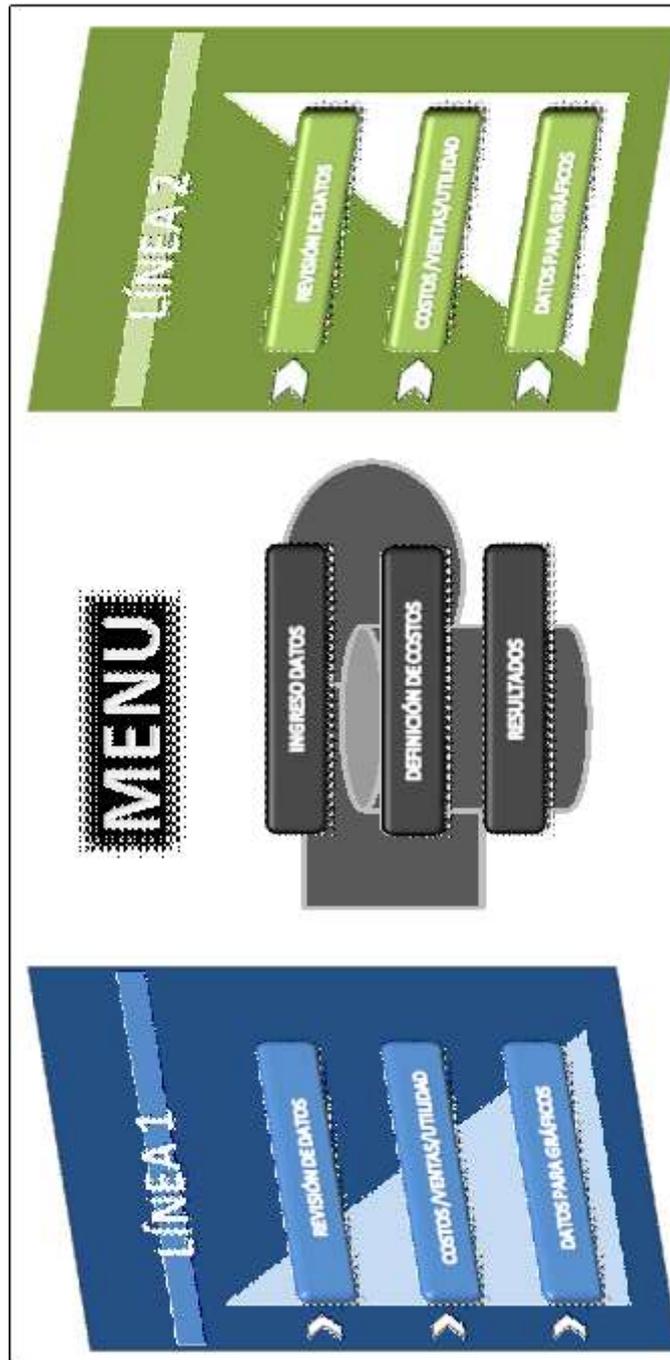
$$\%cumplimiento = \frac{\text{Cantidad despachada}}{\text{Cantidad pedida}}$$

5. De acuerdo a los cálculos de los puntos (4), (5) y (6), escoja la Política de Inventario para su negocio. Fundamente su respuesta.

Las fórmulas utilizadas en la evaluación fueron de acuerdo a lo descrito por Monks (1992)

ANEXO III

PANTALLA PRINCIPAL DEL MODELO DE ANÁLISIS DE DATOS PARA LA SIMULACIÓN DEL EFECTO FORRESTER (LÁTIGO)



ANEXO IV

HOJAS DE REGISTRO

HOJA DE CONTROL								
LINEA					LINEA			
TURNO	PEDIDO CLIENTE	DESPACHO TIENDA	VENTAS PERDIDAS		TURNO	PEDIDO CLIENTE	DESPACHO TIENDA	VENTAS PERDIDAS
1					1			
2					2			
3					3			
4					4			
5					5			
6					6			
7					7			
8					8			
9					9			
10					10			
11					11			
12					12			
13					13			
14					14			
15					15			
16					16			
17					17			
18					18			
19					19			
20					20			
21					21			
22					22			
23					23			
24					24			
25					25			
26					26			
27					27			
28					28			
29					29			
30					30			
31					31			
32					32			
33					33			
34					34			
35					35			
36					36			
37					37			
38					38			
39					39			
40					40			

HOJA DE CONTROL

LINEA				LINEA			
TURNO	PEDIDO TIENDA	DESPACHO MINORISTA	BACKORDERS	TURNO	PEDIDO TIENDA	DESPACHO MINORISTA	BACKORDERS
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
11				11			
12				12			
13				13			
14				14			
15				15			
16				16			
17				17			
18				18			
19				19			
20				20			
21				21			
22				22			
23				23			
24				24			
25				25			
26				26			
27				27			
28				28			
29				29			
30				30			
31				31			
32				32			
33				33			
34				34			
35				35			
36				36			
37				37			
38				38			
39				39			
40				40			

HOJA DE CONTROL

LINEA				LINEA			
TURNO	PEDIDO MINORISTA	DESPACHO MAYORISTA	BACKORDERS	TURNO	PEDIDO MINORISTA	DESPACHO MAYORISTA	BACKORDERS
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
11				11			
12				12			
13				13			
14				14			
15				15			
16				16			
17				17			
18				18			
19				19			
20				20			
21				21			
22				22			
23				23			
24				24			
25				25			
26				26			
27				27			
28				28			
29				29			
30				30			
31				31			
32				32			
33				33			
34				34			
35				35			
36				36			
37				37			
38				38			
39				39			
40				40			

HOJA DE CONTROL

LINEA				LINEA			
TURNO	PEDIDO MAYORISTA	DESPACHO REGIONAL	BACKORDERS	TURNO	PEDIDO MAYORISTA	DESPACHO REGIONAL	BACKORDERS
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
11				11			
12				12			
13				13			
14				14			
15				15			
16				16			
17				17			
18				18			
19				19			
20				20			
21				21			
22				22			
23				23			
24				24			
25				25			
26				26			
27				27			
28				28			
29				29			
30				30			
31				31			
32				32			
33				33			
34				34			
35				35			
36				36			
37				37			
38				38			
39				39			
40				40			

HOJA DE CONTROL

LINEA				LINEA			
TURNO	PEDIDO RESGIONAL	DESPACHO FÁBRICA	BACKORDERS	TURNO	PEDIDO RESGIONAL	DESPACHO FÁBRICA	BACKORDERS
1				1			
2				2			
3				3			
4				4			
5				5			
6				6			
7				7			
8				8			
9				9			
10				10			
11				11			
12				12			
13				13			
14				14			
15				15			
16				16			
17				17			
18				18			
19				19			
20				20			
21				21			
22				22			
23				23			
24				24			
25				25			
26				26			
27				27			
28				28			
29				29			
30				30			
31				31			
32				32			
33				33			
34				34			
35				35			
36				36			
37				37			
38				38			
39				39			
40				40			

HOJA DE CONTROL

LINEA		LINEA		LINEA	
TURNO	ORDENES DE PRODUCCION	TURNO	ORDENES PRODUCCION	TURNO	ORDENES PRODUCCION
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	
11		11		11	
12		12		12	
13		13		13	
14		14		14	
15		15		15	
16		16		16	
17		17		17	
18		18		18	
19		19		19	
20		20		20	
21		21		21	
22		22		22	
23		23		23	
24		24		24	
25		25		25	
26		26		26	
27		27		27	
28		28		28	
29		29		29	
30		30		30	
31		31		31	
32		32		32	
33		33		33	
34		34		34	
35		35		35	
36		36		36	
37		37		37	
38		38		38	
39		39		39	
40		40		40	

ANEXO VI

RESULTADOS DE CORRIDAS BETAS

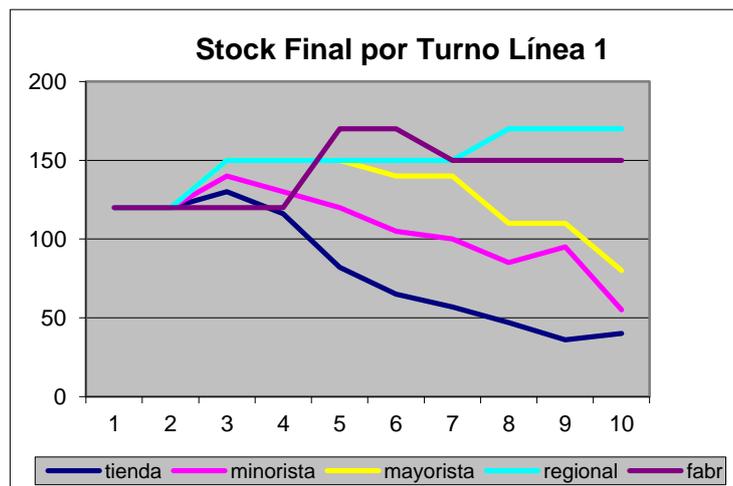
CORRIDA BETA A

Condiciones: {

Delay1	30
Delay2	30
Bodega	90

TURNO	DEMANDA	TURNO	DEMANDA	TURNO	DEMANDA
1	30	6	23	11	28
2	20	7	25	12	34
3	24	8	26	13	28
4	44	9	32	14	27
5	27	10	32	15	15

Resultados:



Cantidad de backorders

FÁBRICA	12
REGIONAL	11
MAYORISTA	11
MINORISTA	12
TIENDA	2

CORRIDA BETA B

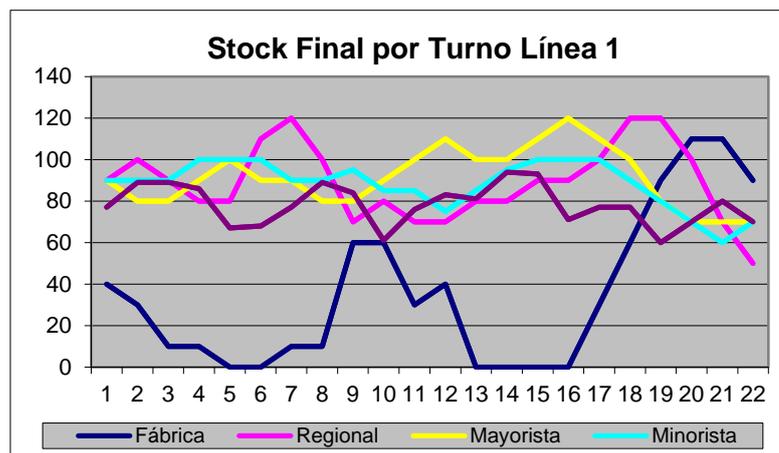
Condiciones:

}	Delay1	20
	Delay2	20
	Bodega	50

TURNO	DEMANDA	TURNO	DEMANDA
1	43	11	15
2	18	12	33
3	30	13	32
4	23	14	17
5	49	15	26
6	29	16	52
7	21	17	24
8	18	18	30
9	30	19	53
10	53	20	31

	Fábrica	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda
Costo de venta	5	10,5	18	26	34
Transportación	2	4	5	9	10
Inventario	0,53	0,88	1,28	1,70	2,20
Costos fijos	27	27	27	13,5	10
Backorder	2,100	3,500	5,100	6,800	0,000
Pedido	-	2	2	2	2

RESULTADOS:



Ingreso de Datos:

FÁBRICA		REGIONAL		MAYORISTA		MINORISTA		TIENDA		
SF	165	SF	45	SF	45	SF	27	SF	-72	
A fabricar	Envío	Pedido	Envío	Pedido	Envío	Pedido	Envío	Pedido	Envío	Demanda
50	30	30	30	30	30	30	30	30	43	43
50	20	20	50	50	30	30	50	43	18	18
100	70	70	40	40	20	20	20	18	30	30
150	60	70	30	40	30	30	30	30	23	23
100	40	30	30	20	40	40	23	23	49	49
50	20	20	30	30	30	30	37	49	29	29
0	20	20	10	10	40	40	30	29	21	21
50	0	0	30	30	20	20	30	21	18	18
0	30	30	40	40	30	30	20	18	30	30
20	40	40	40	40	30	40	30	30	53	53
100	50	50	40	40	30	30	53	53	15	15
0	40	40	50	50	40	45	33	33	33	33
20	30	30	50	50	45	30	32	32	32	32
0	30	30	20	20	20	20	20	17	17	17
0	30	30	30	30	25	25	20	20	26	26
0	30	30	10	10	20	20	20	10	52	52
0	30	30	0	0	20	20	0	0	24	24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	30
0	5	5	20	20	0	0	20	10	53	53
0	5	5	10	10	35	35	20	10	8	31
0	5	5	20	20	10	10	30	30	56	56
0	10	10	20	20	40	40	30	20	30	45
50	20	20	30	30	40	40	30	50	20	20

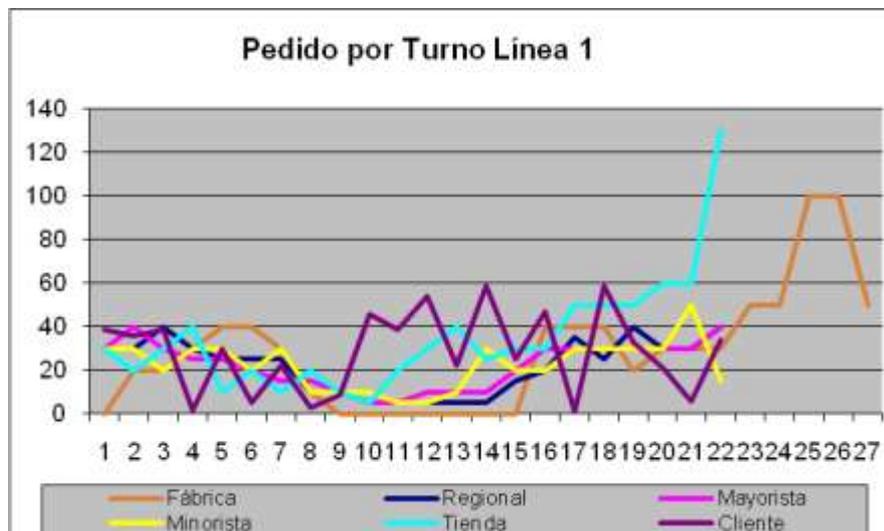
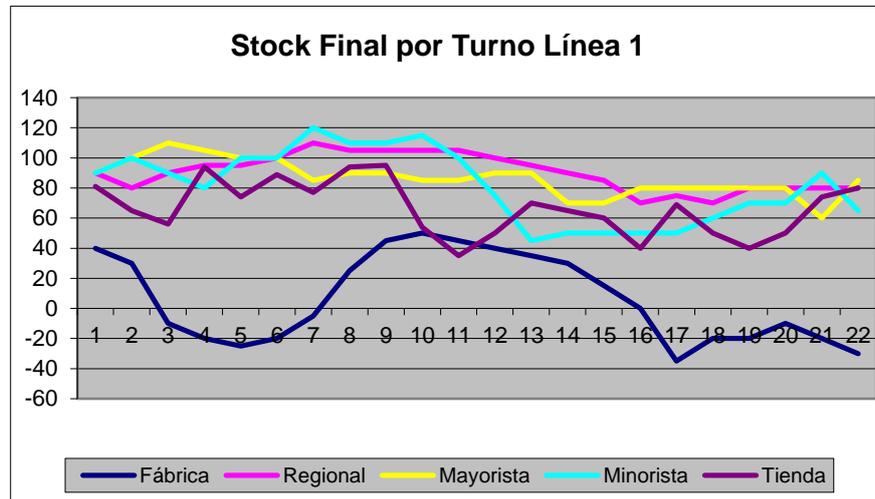
CORRIDA BETA C

Condiciones: { Delay1 20
 Delay2 20
 Bodega 50

TURNO	DEMANDA	TURNO	DEMANDA
1	39	11	39
2	36	12	54
3	39	13	22
4	2	14	59
5	30	15	25
6	5	16	47
7	22	17	1
8	3	18	59
9	9	19	33
10	46	20	21

	Fábrica	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda
Costo de adquisición	5	10,5	18	26	34
Transportación	2	4	5	9	10
Inventario	0,53	0,88	1,28	1,70	2,20
Costos fijos	27	27	27	13,5	10
Backorder	3,150	5,250	7,650	10,200	0,00
Pedido	-	2	2	2	2
Precio de venta	10,5	18	26	34	44

RESULTADOS:



NIVEL DE SERVICIO LÍNEA 1

% DE CUMPLIMIENTO

Promedio de cumplimiento de la demanda

FÁBRICA	99%
REGIONAL	100%
MAYORISTA	100%
MINORISTA	82%
TIENDA	91%

% ON TIME IN FULL

FÁBRICA	85%
REGIONAL	85%
MAYORISTA	81%
MINORISTA	56%
TIENDA	74%

CANTIDAD DE BACKORDERS

FÁBRICA	4
REGIONAL	4
MAYORISTA	5
MINORISTA	12
TIENDA (ventas perdidas)	7

ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS LÍNEA 1

	Fábrica	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda
Ventas	7665	12250	16957,5	23120	26708
(-) Costo de ventas	3650	7350	11637,5	17340	20638
Utilidad bruta	4015	4900	5320	5780	6070
(-) Costo de transporte	158	292	345	621	700
(-) Mtto de inventario	-36,75	2156,875	3002,625	3825	4664
(-) Costo de backorder	110,25	1207,5	956,25	4692	1030,2
(-) Costos fijos	729	729	715,5	364,5	270
(-) Costo de pedido		52	52	52	52
Utilidad neta	3055	463	249	-3775	-646

ANEXO VII

SIMULACIÓN FINAL





ANEXO VIII

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN FINAL

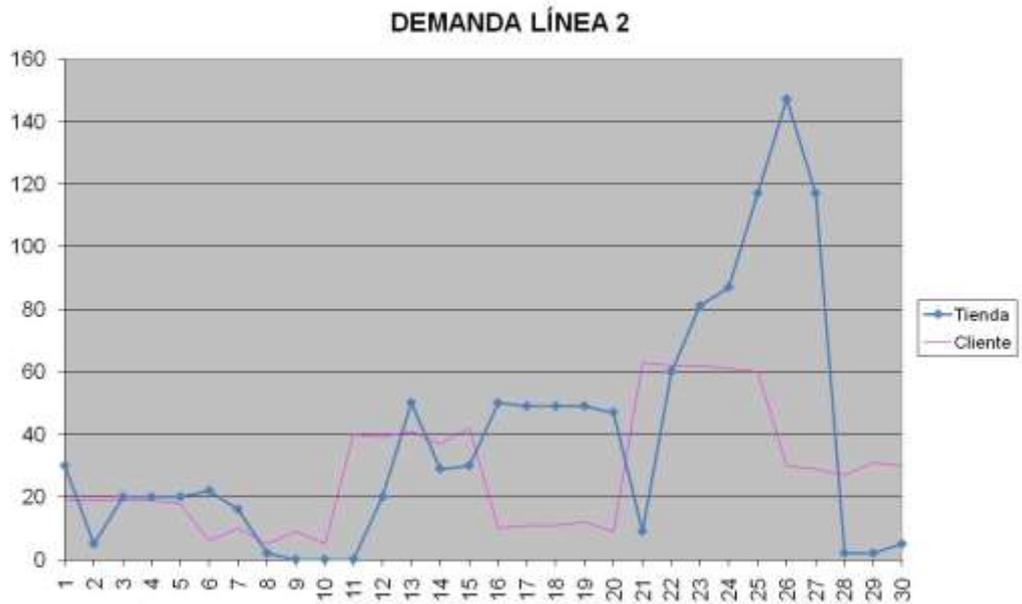
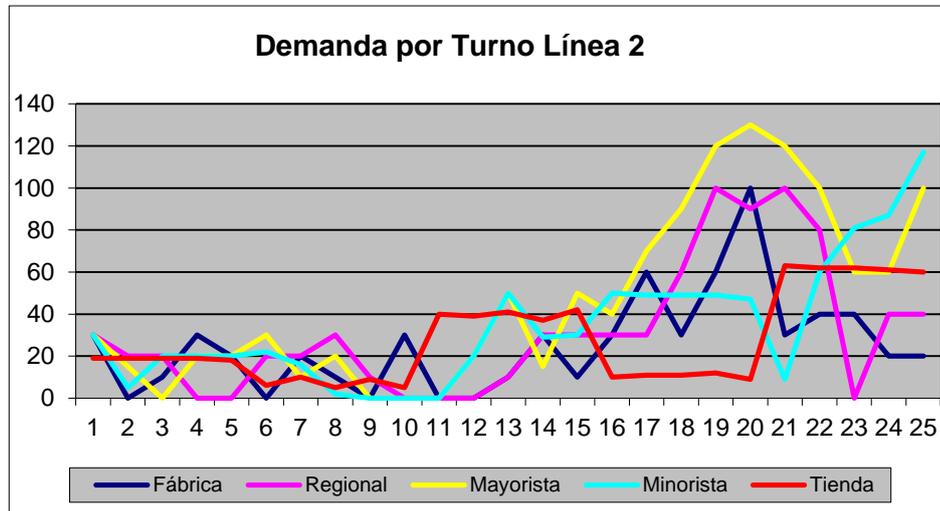
Delay1 20
Condiciones: Delay2 20
 Bodega 50

TURNO	DEMANDA	TURNO	DEMANDA	TURNO	DEMANDA
1	19	11	40	21	63
2	19	12	39	22	62
3	19	13	41	23	62
4	19	14	37	24	61
5	18	15	42	25	60
6	6	16	10	26	30
7	10	17	11	27	29
8	5	18	11	28	27
9	9	19	12	29	31
10	5	20	9	30	30

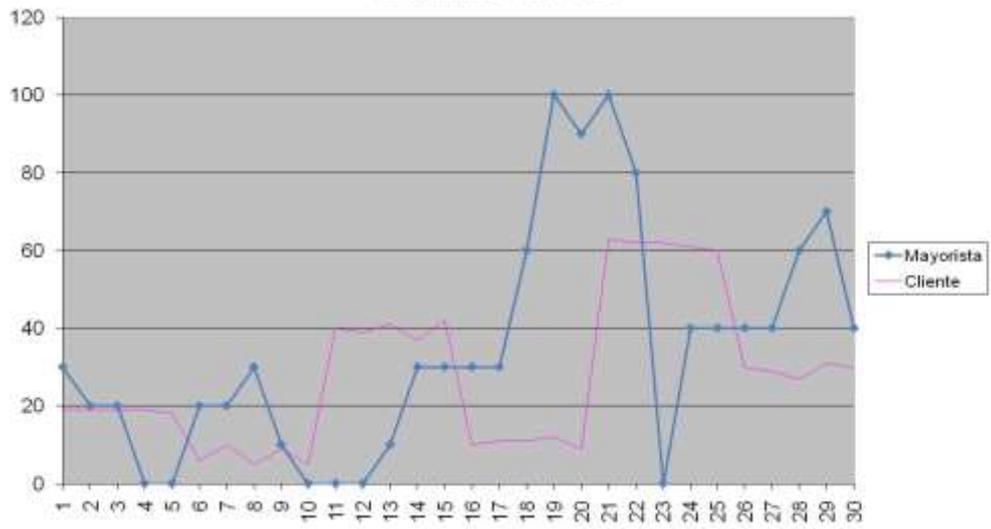
	Fábrica	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda
Precio de venta	8,1	11,2	14,3	17	21
Costo de adquisición	-5	-8,1	-11	-14	-17
% ganancia	38%	28%	22%	18%	15%
\$ ganancia	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
Transportación	-2	-2	-2	-2	-2
Inventario	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5
Costos fijos	-180	-180	-180	-180	-180
Backorder	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Pedido	-2	-2	-2	-2	-2

RESULTADOS:

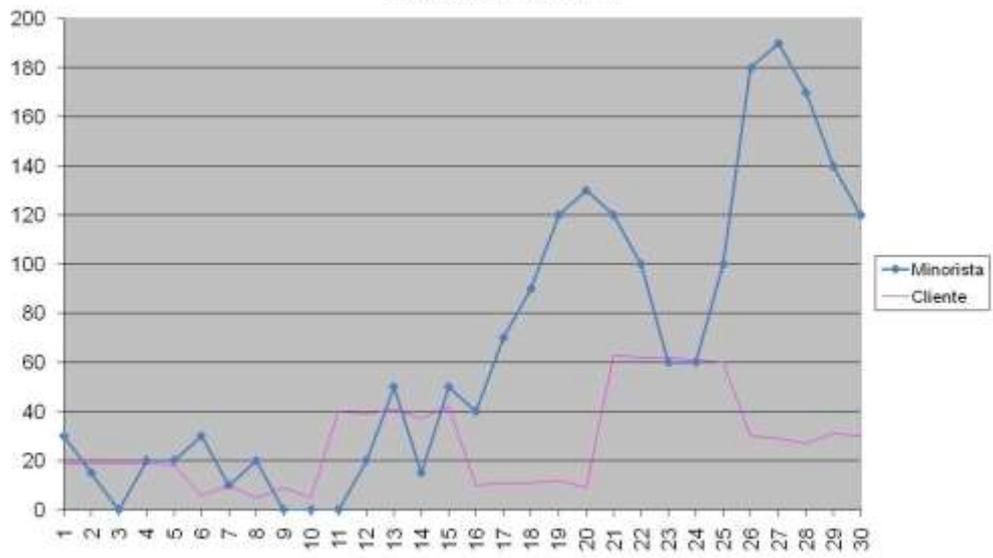
- **Línea 2**



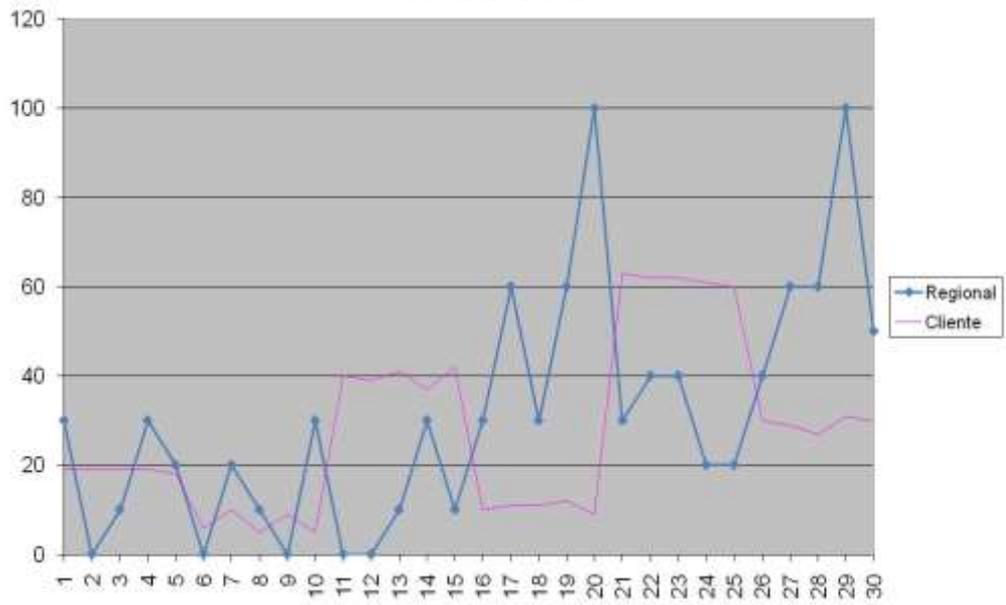
DEMANDA LÍNEA 2



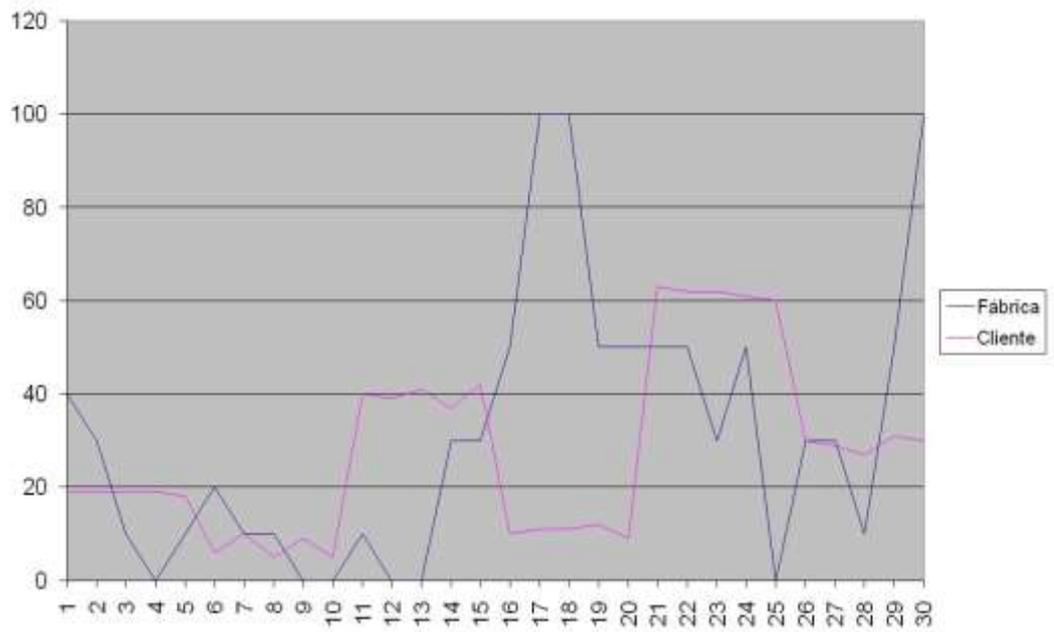
DEMANDA LÍNEA 2



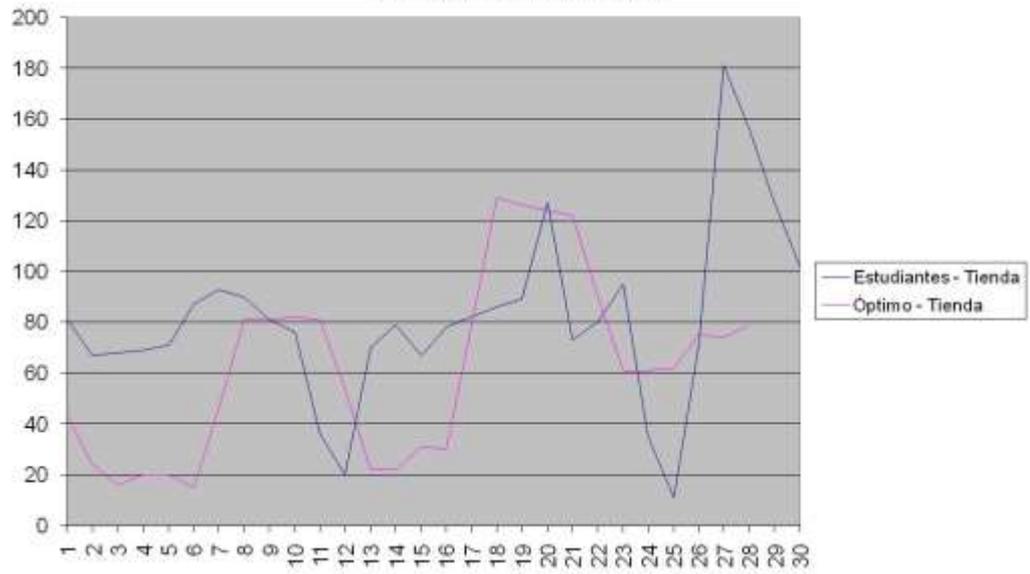
DEMANDA LÍNEA 2



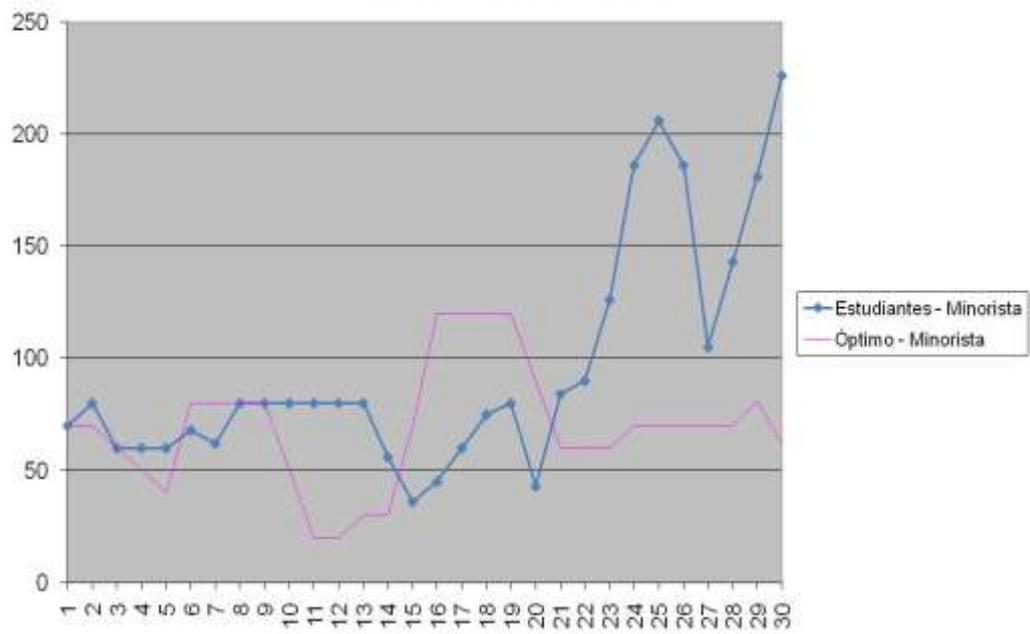
DEMANDA LÍNEA 2



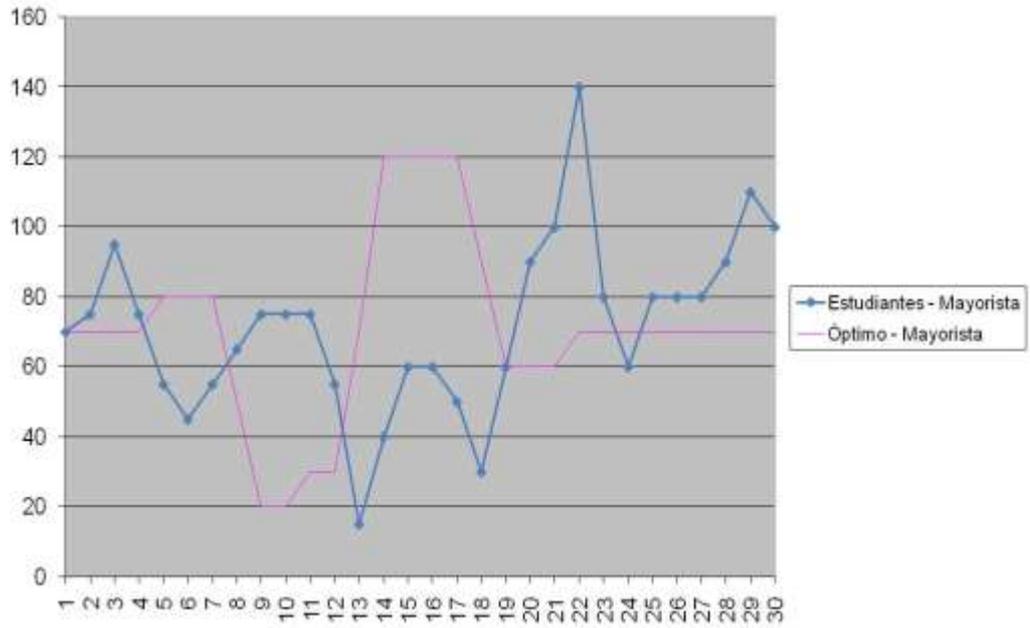
STOCK TOTAL LÍNEA 2



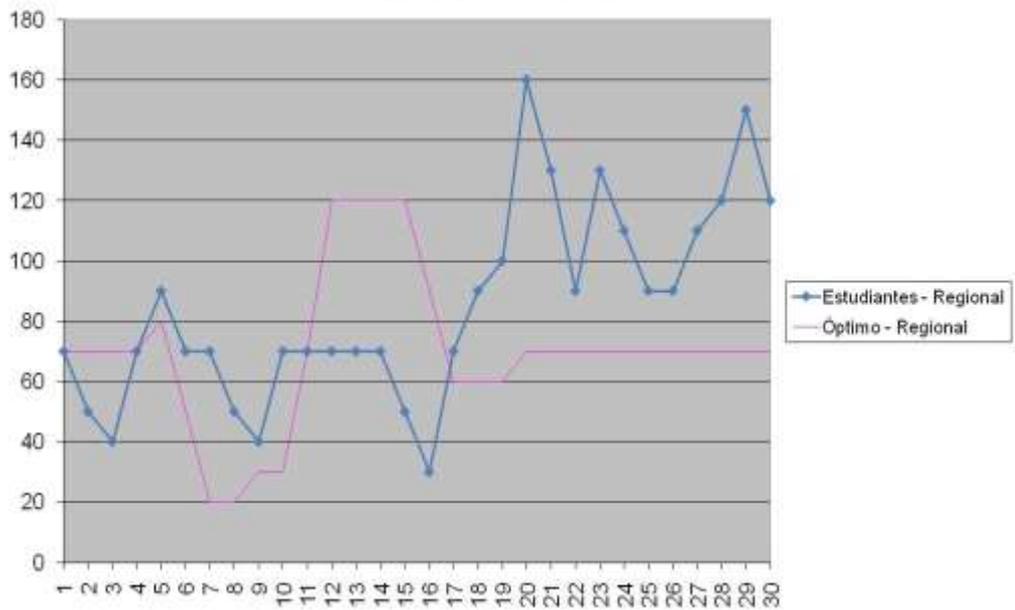
STOCK TOTAL LÍNEA 2

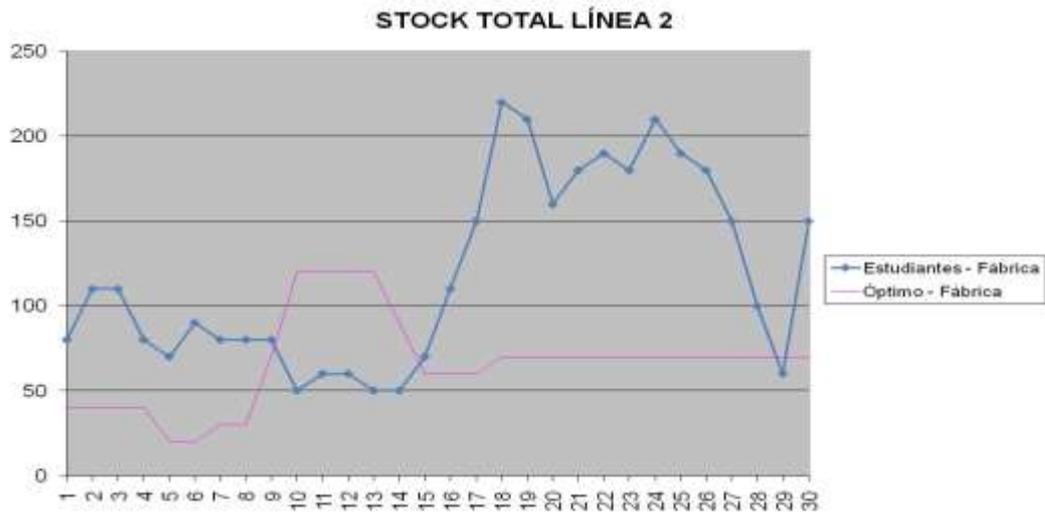


STOCK TOTAL LÍNEA 2



STOCK TOTAL LÍNEA 2





PÉRDIDAS Y GANANCIAS LÍNEA 2

	Fábrica	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda
Ventas	7047	9184	11297	11032	12341
(-) Costo de ventas	-4350	-6642	-8848	-9066	10475
Utilidad bruta	2697	2542	2449	1965	1866
(-) Costo de transporte		-174	-164	-160	-146
(-) Mtto de inventario	-284	-214	-158	-156	-137
(-) Costo de backorder	-42	-132	-708	-303	
(-) Costos fijos	-180	-180	-180	-180	-180
(-) Costo de pedido	-48	-48	-46	-44	-52
Utilidad neta	2143	1794	1194	1123	1351

FLUJO DE CAJA LÍNEA 2

Stock Final	150	120	100	226	102
Cuentas por Pagar	-400	-405	-336	-2231	-557
Ingresos	7047	9184	11297	11032	12341
(-) Egresos	-5304	-7795	-10440	-12140	11547
	1743	1389	858	-1108	794

NIVEL DE SERVICIO LÍNEA 2

Turnos jugados 30

% DE CUMPLIMIENTO

FÁBRICA	96%
REGIONAL	85%
MAYORISTA	67%
MINORISTA	84%
TIENDA	90%

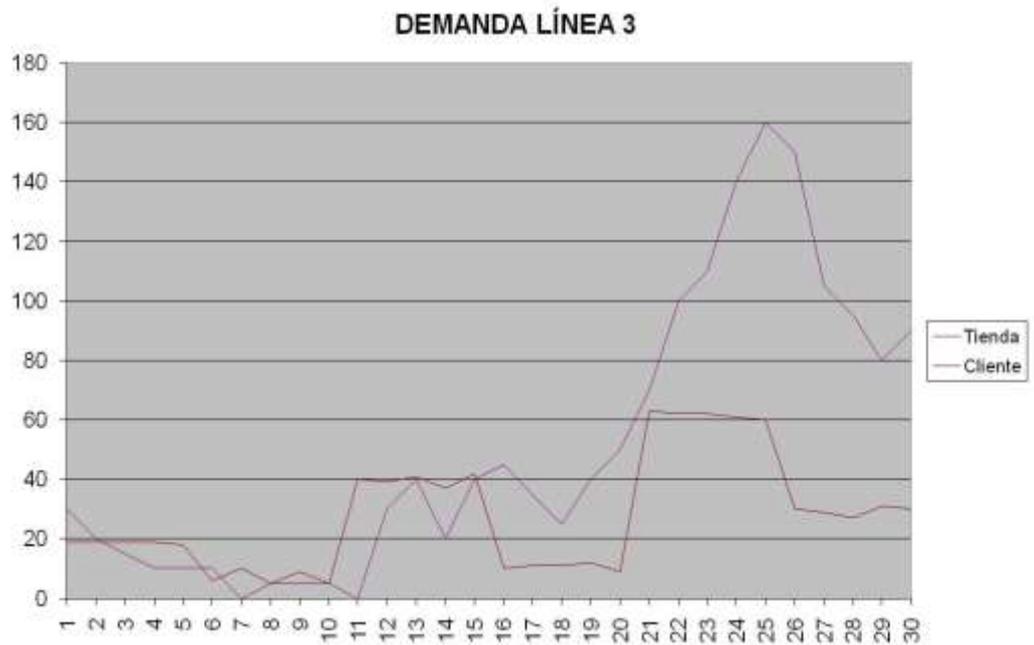
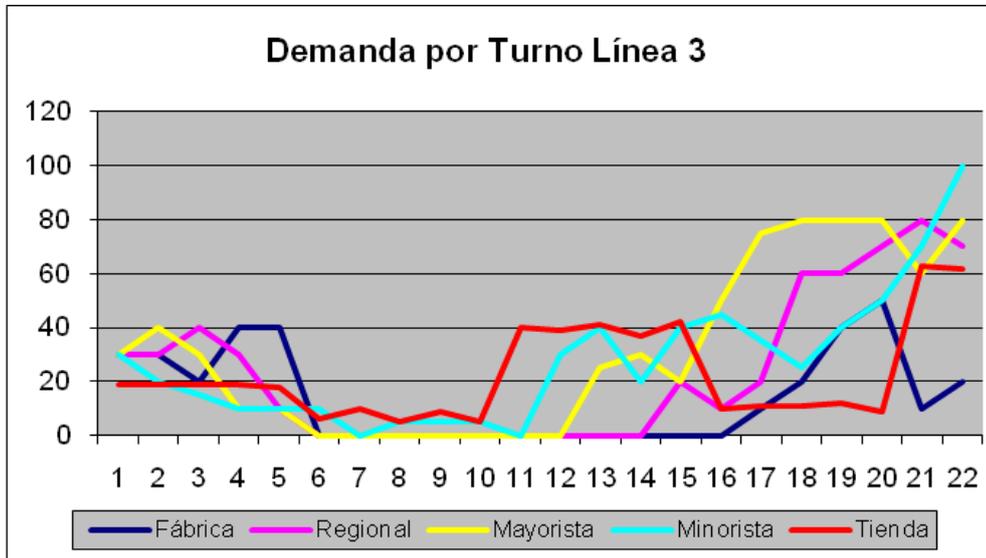
On Time In Full

FÁBRICA	90%
REGIONAL	77%
MAYORISTA	50%
MINORISTA	70%
TIENDA	70%

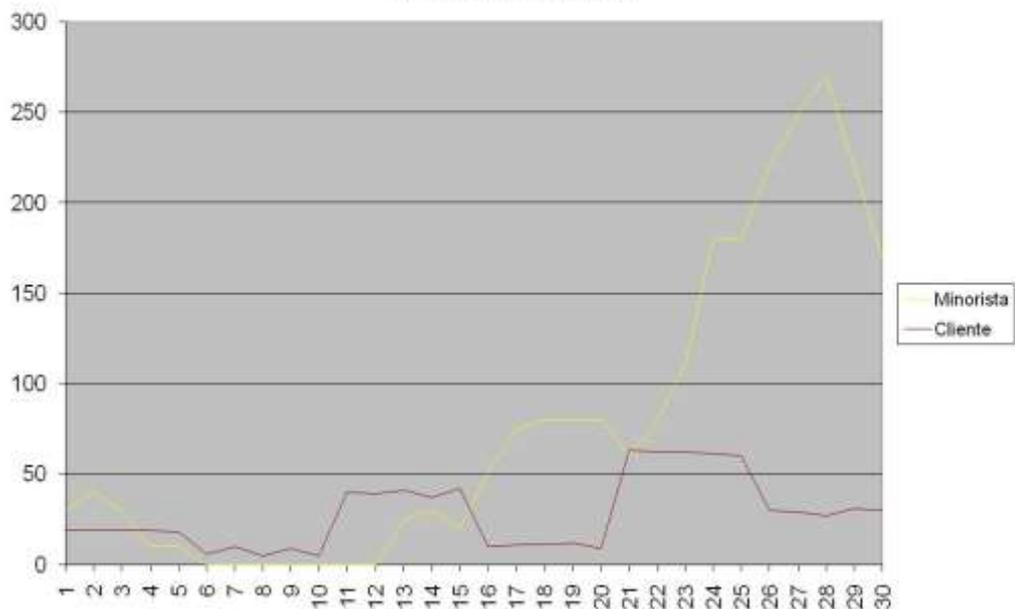
CANTIDAD DE BACKORDERS

FÁBRICA	3
REGIONAL	7
MAYORISTA	15
MINORISTA	9
TIENDA (ventas perdidas)	9

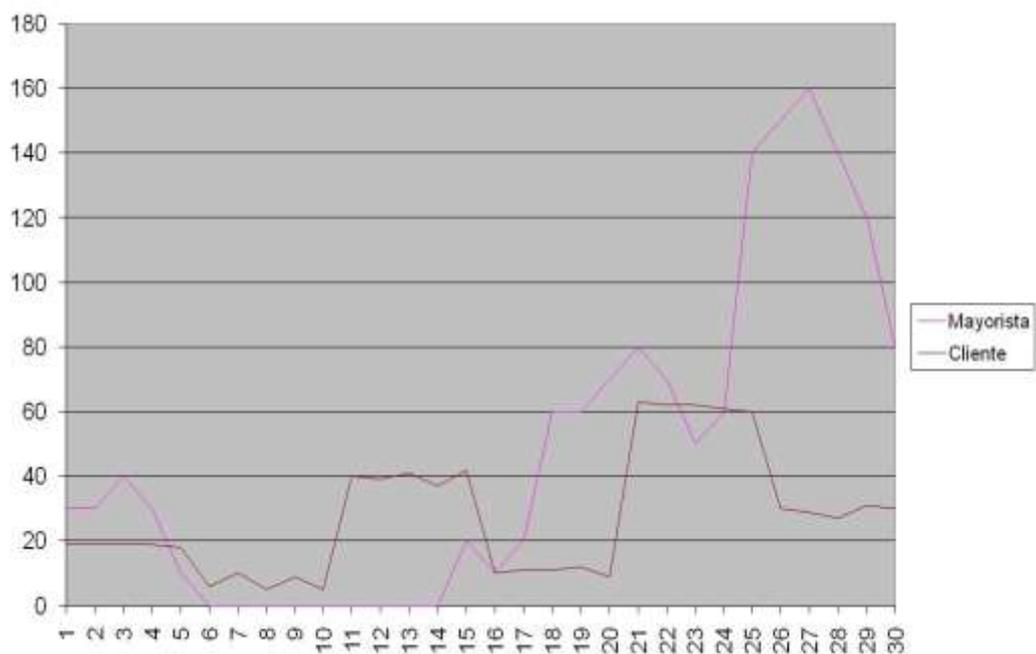
- **Línea 3**



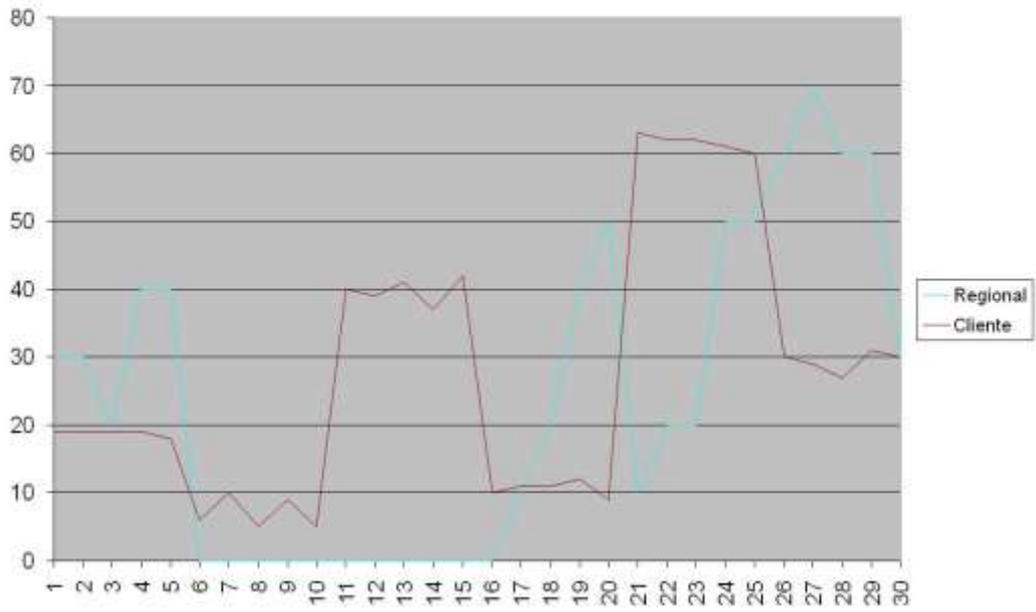
DEMANDA LÍNEA 3



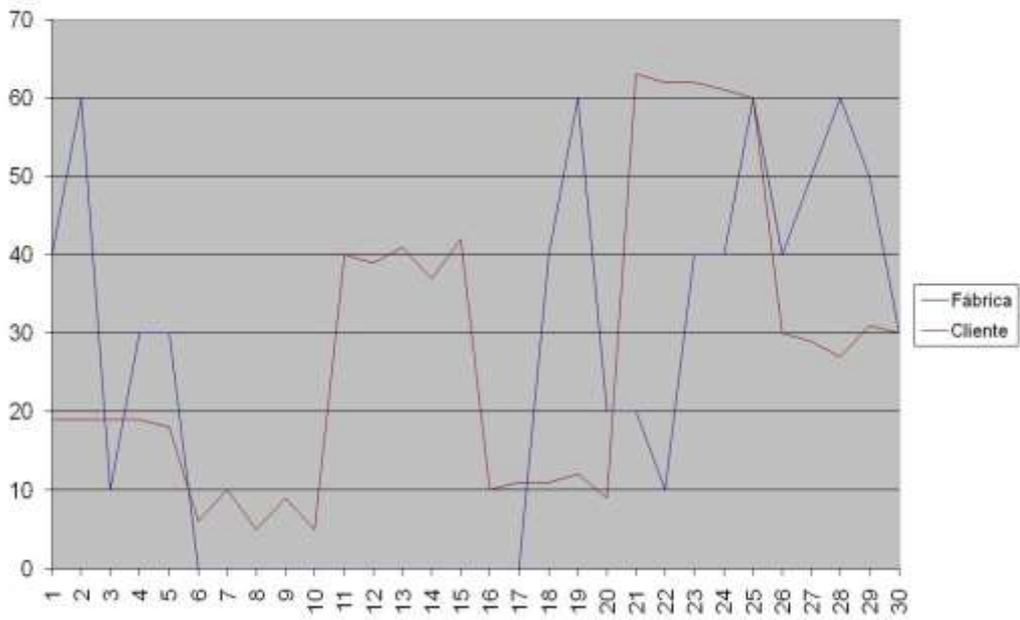
DEMANDA LÍNEA 3



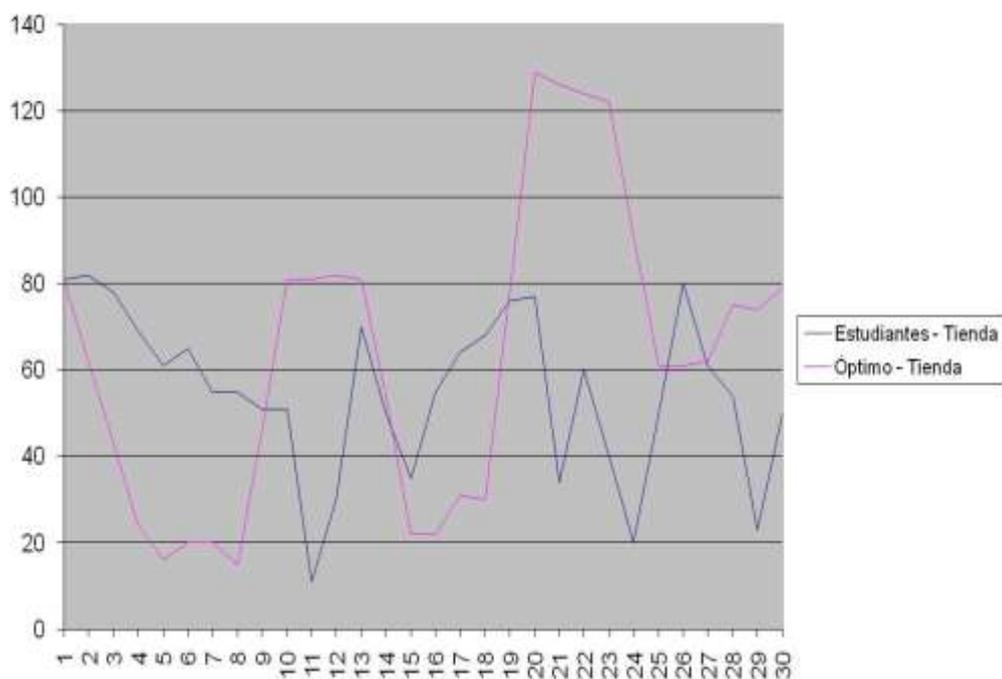
DEMANDA LÍNEA 3



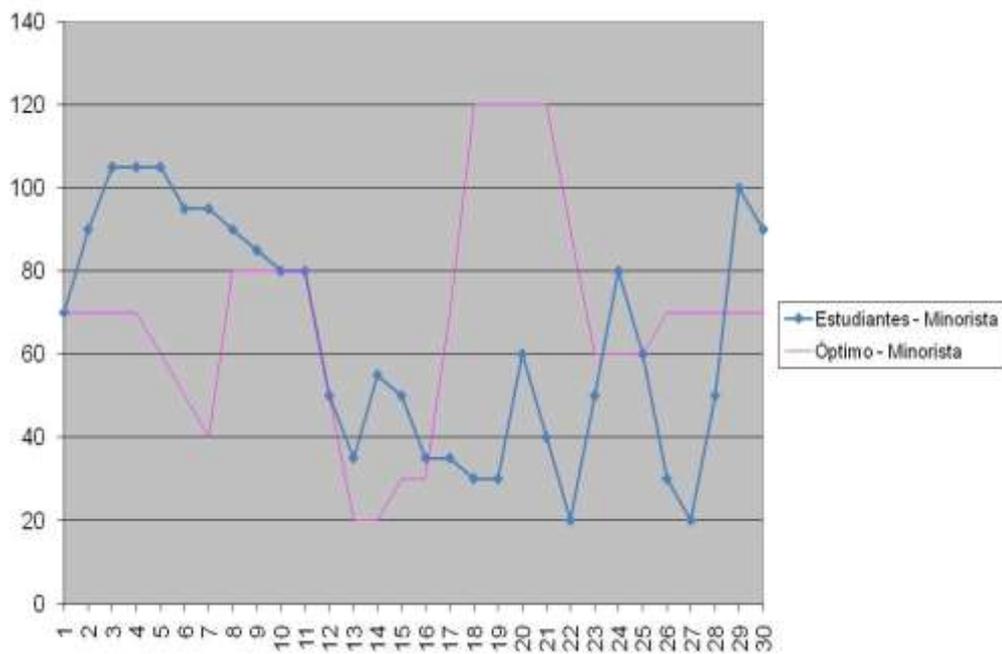
DEMANDA LÍNEA 3



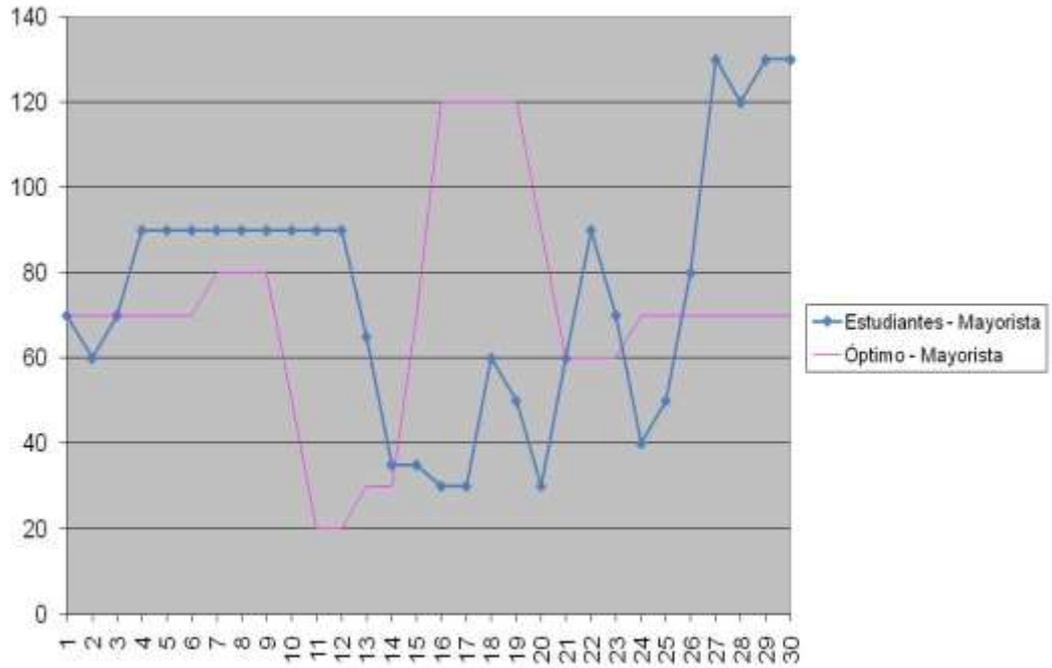
STOCK TOTAL LÍNEA 3



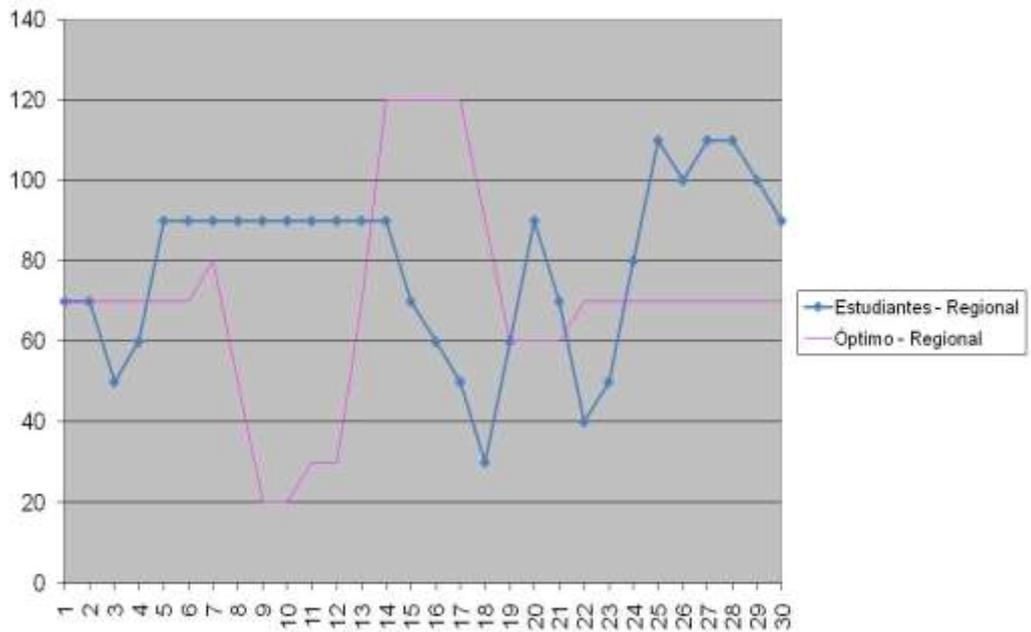
STOCK TOTAL LÍNEA 3



STOCK TOTAL LÍNEA 3



STOCK TOTAL LÍNEA 3





PÉRDIDAS Y GANANCIAS LÍNEA 3

	Fábrica	Regional	Mayorista	Minorista	Tienda
Ventas	5265	7056	8151	9570	11685
(-) Costo de ventas	-3250	-5103	-6384	-7865	-9918
Utilidad bruta	2015	1953	1767	1705	1767
(-) Costo de transporte		-130	-126	-116	-116
(-) Mtto de inventario	-213	-198	-187	-160	-138
(-) Costo de backorder	-36	-480	-1038	-591	
(-) Costos fijos	-180	-180	-180	-180	-180
(-) Costo de pedido	-36	-36	-40	-40	-52
Utilidad neta	1550	930	196	618	1281

FLUJO DE CAJA LÍNEA 3

Stock Final	110	90	130	90	50
Cuentas por Pagar	-200	-162	-672	-286	348
Ingresos	5265	7056	8151	9570	11685
(-) Egresos	-3915	-6289	-8627	-9238	-10056
	1350	768	-476	332	1629

NIVEL DE SERVICIO LÍNEA 3

Turnos jugados 30

% DE CUMPLIMIENTO

FÁBRICA	100%
REGIONAL	79%
MAYORISTA	65%
MINORISTA	77%
TIENDA	88%

On Time In Full

FÁBRICA	87%
REGIONAL	57%
MAYORISTA	50%
MINORISTA	43%
TIENDA	67%

CANTIDAD DE BACKORDERS

FÁBRICA	4
REGIONAL	13
MAYORISTA	15
MINORISTA	17
TIENDA (ventas perdidas)	10

BIBLIOGRAFÍA

1. **Calot, Gerald (1985)**. Curso de estadística descriptiva. Parainfo
2. **Chen, F.; Drezner, Z.; Ryan, J.K.; Simchi-Levi, D. (2000)**
Quantifying the Bullwhip effect in a simple supply chain: the impact of forecasting, lead-times and information. Management Science.
3. **Forrester, Jay Wright (1961)**. Industrial Dynamics. MIT Press,
4. **Fransoo, J. C.; Wouter, M. J. F. (2000)**. Measuring the bullwhip effect in the supply chain. Supply Chain: An International Journal, pág. 78-89.
5. **Monks, Joseph. (1992)**. Administración de operaciones. 1 era edición. McGraw-Hill
6. **Sterman, John D. (1989)**. "Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment", Management Science, pág.321–339
7. **Senge, Peter. (1994)**. La Quinta Disciplina: el arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje. Ediciones Juan Granica S.A
8. ----- "El temible efecto látigo: ¿por qué la planificación falla sistemáticamente?" Julio 2009
<http://www.materiabiz.com/mbz/ityoperaciones/nota.vsp?nid=33477>

9. ----- Bullwhip effect. Julio 2009
http://en.wikipedia.org/wiki/Bullwhip_effect
10. **PD Dr. Kai Riemer**, Münster University - Department of Information Systems. "The Beergame Portal". Julio 2009
<http://www.beergame.org/materials>
11. **B. Pascual, M. Ambrústolo, M. Migueles, M. Rizzo**. "El Juego de la Cerveza como disparador de la enseñanza del pensamiento sistémico en la formación del Ingeniero Industrial" Julio 2009
<http://www.coini.com.ar/Trabajos/TC15.pdf>
12. **Ernest Benedito**. "Descripción y análisis de los trabajos existentes sobre el efecto bullwhip" Diciembre 2009
<http://upcommons.upc.edu/eprints/bitstream/2117/378/1/16%20Benedito.pdf>