



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

**GESTIÓN DE INVENTARIO DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA Y
PERFUMERÍA EN UNA CADENA DE SUPERMERCADOS**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL
INDUSTRIAL**

SOFFIA ALEJANDRA MARCHETTI LETELIER

**PROFESOR GUÍA:
PATRICIO CONCA KEHL**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
RODOLFO URRUTIA URIBE
SERGIO ROJAS NAZAL**

**SANTIAGO DE CHILE
2015**

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial
POR: Soffia Alejandra Marchetti Letelier
FECHA: 13/10/2015
PROFESOR GUÍA: Patricio Conca Kehl

GESTIÓN DE INVENTARIO DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA Y PERFUMERÍA EN UNA CADENA DE SUPERMERCADOS

El siguiente trabajo consiste en el estudio de una cadena de supermercados chilena que basa el abastecimiento de sus salas en pedidos realizados por reponedores, sin un procedimiento formal detrás. Esto genera ineficiencias tales como quiebres de *stock* y sobre inventarios (en especial las segundas). Por esta razón, el objetivo principal se basa en crear un sistema de manejo de inventarios que permita reducir los inventarios de productos de limpieza y perfumería, velando por mantener el nivel de servicio sobre un 99%.

En primer lugar, se hizo una investigación bibliográfica acerca de pronósticos de demanda, sistemas de inventario e indicadores de desempeño de estos últimos para el desarrollo del sistema. Posteriormente, se eligió una muestra representativa y relevante, compuesta por una sala, cuatro detergentes y cinco artículos de afeitado. Luego, se realizó un análisis de la situación actual de esta (año 2014), el cual mostró altos niveles de inventario, su falta de coherencia con las ventas y el excelente nivel de servicio actual (3/4 de inventario corresponde a *stock* inmovilizado y todos los artículos muestran un nivel de servicio de un 100%). A continuación se realizó un estudio de la merma de la muestra, el cual esclareció principalmente que afeitado posee una merma radicalmente superior a detergentes. A partir de aquí, se eligieron los métodos de pronóstico de demanda y de control de inventarios más pertinentes para el caso de estudio, modificándolos para adecuarlos a la realidad de la cadena. Utilizando la muestra, se parametrizaron y se probó cómo habrían funcionado de haberse implementado en el período de análisis. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: inventarios alineados con las ventas, reducción de inventarios y DOH totales en un 46%, 100% de nivel de servicio para todos los *sku's* y una reducción de un 64% del *stock* inmovilizado y por ende, de los costos por sobre inventario (estos últimos disminuyeron \$7.595.703). Esto muestra el potencial éxito de la implementación del nuevo sistema.

Finalmente, para probar el desempeño del modelo en el futuro en cuanto a nivel de servicio, se realizaron 500 simulaciones de demanda futura y se eligió estudiar los resultados del modelo en los siguientes escenarios: promedio de simulaciones, simulación de mínima variabilidad y simulación de máxima variabilidad. El sistema nuevamente mostró ser capaz de proporcionar un nivel de servicio sobre un 99% para todos los artículos. Por lo anterior, se concluye la eficacia del modelo desarrollado y se propone implementar de forma gradual y aislada para el resto del universo de artículos y salas.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a todos por la paciencia y el cariño infinito de siempre. Familia, amigos, profesores...para los que están y los que ya no: gracias por tener más fe en mí que yo misma.

En especial, agradezco a María Jesús, Camilo e Iñaki por la fuerza, compañía y buen humor.

Tabla de Contenido

1.	Introducción	1
2.	Descripción de la Empresa	4
3.	Cadena de Abastecimiento	7
3.1.	Proveedores	7
3.2.	Centro de Distribución	8
3.3.	Transporte	8
3.4.	Punto de Venta	9
4.	Planteamiento del Problema.....	11
5.	Objetivos	15
5.1.	Objetivo General.....	15
5.2.	Objetivos Específicos	15
6.	Metodología	16
6.1.	Revisión Bibliográfica y creación del Marco Teórico	16
6.2.	Selección de la Muestra	16
6.3.	Situación Actual	16
6.4.	Estimación Merma	16
6.5.	Diseño Modelo de Pedidos	17
6.6.	Prueba y Resultados	17
6.7.	Simulación	17
6.8.	Conclusiones	17
7.	Marco Teórico	18
7.1.	Indicadores de Desempeño de los Inventarios [6]	18
7.1.1.	Costos de Inventario	18
7.1.2.	Nivel de Servicio	19
7.1.3.	Días de Inventario (DOH)	19
7.2.	Sistemas de Control de Inventario [2]	20
7.2.1.	Modelo de Cantidad Fija o Económica de Pedido (EOQ) ..	20
7.2.2.	Sistema de Revisión Continua	21
7.2.3.	Sistema de Revisión Periódica	23

7.3.	Métodos de Pronóstico de Demanda [6] [7]	25
7.3.1.	Métodos Cualitativos	25
7.3.1.1.	Técnicas Acumulativas (<i>Grass Roots</i>)	26
7.3.1.2.	Investigación de Mercado	26
7.3.1.3.	Grupos de Consenso	26
7.3.1.4.	Analogía Histórica	26
7.3.1.5.	Método de Delfos	27
7.3.2.	Métodos Cuantitativos	27
7.3.2.1.	Promedio Móvil Simple	28
7.3.2.2.	Promedio Móvil Ponderado	29
7.3.2.3.	Suavización Exponencial	29
7.3.2.4.	Suavización Exponencial con Tendencia	31
7.3.2.5.	Suavización Exponencial con Estacionalidad	32
7.3.2.6.	Suavización Exponencial con Tendencia y Estacionalidad (Holt Winters)	33
7.3.2.7.	Error de Pronóstico	34
7.3.2.7.1.	Desviación Absoluta Media (MAD)	34
7.3.2.7.2.	Error Absoluto Porcentual de la Media (MAPE).....	35
7.3.2.7.3.	Error Cuadrático Medio (MSE).....	35
8.	Elección de la Muestra	36
9.	Situación Actual	38
9.1.	Inventario y Ventas.....	39
9.2.	Días de Inventario (DOH).....	45
9.3.	Nivel de Servicio	46
9.4.	Costo de Inventario.....	47
10.	Estimación Merma	49
11.	Desarrollo del Modelo	51
11.1.	Pronóstico de la Demanda Futura	51
11.2.	Sistema de Manejo de Inventario	58
11.2.1.	Obtención de las Variables	61

12.	Resultados del Modelo	63
12.1.	Inventario Histórico vs. Inventario Propuesto por el Modelo	63
12.2.	Días de Inventario (DOH).....	70
12.3.	Nivel de Servicio	71
12.4.	Costo de Inventario	72
13.	Simulación	75
13.1.	Distribución de Probabilidad de la Demanda Futura	75
13.2.	Simulación y Elección Escenarios.....	75
13.3.	Resultados Simulación	76
13.4.	Nivel de Servicio	90
14.	Conclusiones.....	94
15.	Bibliografía	97
16.	Anexos.....	99

Índice de Tablas

Tabla 9.1: Promedio y desviación estándar tiempos de entrega	38
Tabla 9.2: Inventario promedio	44
Tabla 9.3: Venta promedio semanal.....	44
Tabla 9.4: DOH subcategorías	45
Tabla 9.5: DOH productos	45
Tabla 9.6: Nivel de servicio	46
Tabla 9.7: Inventario inmovilizado promedio.....	48
Tabla 10.1: Diferencias de inventario	49
Tabla 11.1: MAPE pronósticos de demanda	52
Tabla 11.2: Promedio y desviación estándar tiempos de entrega	61
Tabla 11.3: <i>Stock</i> de seguridad s'	62
Tabla 12.1: Diferencia inventario en unidades	68
Tabla 12.2: Diferencia inventario en pesos	68
Tabla 12.3: Disminución porcentual inventario	69
Tabla 12.4: Diferencia DOH subcategorías	70
Tabla 12.5: Diferencia DOH productos.....	70
Tabla 12.6: Diferencia nivel de servicio	71
Tabla 12.7: Diferencia inventario inmovilizado en unidades.....	72
Tabla 12.8: Diferencia inventario inmovilizado en pesos	73

Tabla 12.9: Disminución porcentual inventario inmovilizado	73
Tabla 12.10: Diferencia costo oportunidad por sobre <i>stock</i>	73
Tabla 13.1: Nivel de Servicio Promedio Simulaciones [%]	90
Tabla 13.2: Nivel de Servicio Simulación Variabilidad Mínima [%]	90
Tabla 13.3: Nivel de Servicio Simulación Variabilidad Máxima [%]	91
Tabla 13.4: Inventario inmovilizado en unidades para los distintos escenarios	92
Tabla 13.5: Inventario inmovilizado en pesos para los distintos escenarios	92
Tabla 13.6: Disminución inventario inmovilizado y costo oportunidad por sobre <i>stock</i> resultante de las simulaciones	93
Tabla 16.1: Parámetros distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado"	101

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.1: Índice de ventas de supermercados.....	1
Ilustración 3.1: Cadena de abastecimiento	7
Ilustración 4.1: ¿Qué hace un consumidor cuando no encuentra el producto que busca?	12
Ilustración 9.1: Inventario y ventas "Sku 1 Afeitado"	39
Ilustración 9.2: Inventario y ventas "Sku 2 Afeitado"	40
Ilustración 9.3: Inventario y ventas "Sku 3 afeitado"	40
Ilustración 9.4: Inventario y ventas "Sku 4 afeitado"	41
Ilustración 9.5: Inventario y ventas "Sku 5 Afeitado"	41
Ilustración 9.6: Inventario y ventas "Sku 1 Detergentes"	42
Ilustración 9.7: Inventario y ventas "Sku 2 Detergentes"	42
Ilustración 9.8: Inventario y ventas "Sku 3 Detergentes"	43
Ilustración 9.9: Inventario y ventas "Sku 4 Detergentes"	43
Ilustración 11.1: Pronóstico Holt Winters "Sku 1 Afeitado"	53
Ilustración 11.2: Pronóstico Holt Winters "Sku 2 Afeitado"	54
Ilustración 11.3: Pronóstico Holt Winters "Sku 3 Afeitado"	54
Ilustración 11.4: Pronóstico Holt Winters "Sku 4 Afeitado"	55
Ilustración 11.5: Pronóstico Holt Winters "Sku 5 Afeitado"	55
Ilustración 11.6: Pronóstico Holt Winters "Sku 1 Detergentes"	56
Ilustración 11.7: Pronóstico Holt Winters "Sku 2 Detergentes"	56

Ilustración 11.8: Pronóstico Holt Winters "Sku 3 Detergentes"	57
Ilustración 11.9: Pronóstico Holt Winters "Sku 4 Detergentes"	57
Ilustración 12.1: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 1 Afeitado"	63
Ilustración 12.2: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 2 Afeitado"	64
Ilustración 12.3: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 3 Afeitado"	64
Ilustración 12.4: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 4 Afeitado"	65
Ilustración 12.5: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 5 Afeitado"	65
Ilustración 12.6: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 1 Detergentes"	66
Ilustración 12.7: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 2 Detergentes"	66
Ilustración 12.8: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 3 Detergentes"	67
Ilustración 12.9: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 4 Detergentes"	67
Ilustración 13.1: Promedio Simulaciones "Sku 1 Afeitado"	76
Ilustración 13.2: Simulación "Sku 1 Afeitado" (variabilidad mínima)	76
Ilustración 13.3: Simulación "Sku 1 Afeitado" (variabilidad máxima).....	77
Ilustración 13.4: Promedio Simulaciones "Sku 1 Detergentes".....	77
Ilustración 13.5: Simulación "Sku 1 Detergentes" (variabilidad mínima)	78

Ilustración 13.6: Simulación "Sku 1 Detergentes" (variabilidad máxima) ...	78
Ilustración 13.7: Promedio Simulaciones "Sku 2 Afeitado"	79
Ilustración 13.8: Simulación "Sku 2 Afeitado" (variabilidad mínima)	79
Ilustración 13.9: Simulación "Sku 2 Afeitado" (variabilidad máxima).....	80
Ilustración 13.10: Promedio simulaciones "Sku 2 Detergentes"	80
Ilustración 13.11: Simulación "Sku 2 Detergentes" (variabilidad mínima) ..	81
Ilustración 13.12: Simulación "Sku 2 Detergentes" (variabilidad máxima) .	81
Ilustración 13.13: Promedio simulaciones "Sku 3 Afeitado"	82
Ilustración 13.14: Simulación "Sku 3 Afeitado" (variabilidad mínima).....	82
Ilustración 13.15: Simulación "Sku 3 Afeitado" (variabilidad máxima).....	83
Ilustración 13.16: Promedio simulaciones "Sku 3 Detergentes"	83
Ilustración 13.17: Simulación "Sku 3 Detergentes" (variabilidad mínima) ..	84
Ilustración 13.18: Simulación "Sku 3 Detergentes" (variabilidad máxima) .	84
Ilustración 13.19: Promedio simulaciones "Sku 4 Afeitado"	85
Ilustración 13.20: Simulación "Sku 4 Afeitado" (variabilidad mínima).....	85
Ilustración 13.21: Simulación "Sku 4 Afeitado" (variabilidad máxima).....	86
Ilustración 13.22: Promedio simulaciones "Sku 4 Detergentes"	86
Ilustración 13.23: Simulación "Sku 4 Detergentes" (variabilidad mínima) ..	87
Ilustración 13.24: Simulación "Sku 4 Detergentes" (variabilidad máxima) .	87
Ilustración 13.25: Promedio simulaciones "Sku 5 Afeitado"	88

Ilustración 13.26: Simulación "Sku 5 Afeitado" (variabilidad mínima).....	88
Ilustración 13.27: Simulación "Sku 5 Afeitado" (variabilidad máxima).....	89
Ilustración 16.1: Gráfico distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado" (semanas 1-13).....	99
Ilustración 16.2: Gráfico distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado" (semanas 14-26).....	100
Ilustración 16.3: Gráfico distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado" (semanas 27-39).....	100
Ilustración 16.4: Gráfico distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado" (semanas 40-52).....	101

1. Introducción

El *retail* es una forma de comercio basada en las ventas al por menor o al detalle. En Chile, representa un 22% del PIB [1]. Por su parte, los supermercados constituyen un 27% del *retail* en el país [1]. Estos últimos se han convertido en un mercado en auge y han enfrentado un fuerte crecimiento en sus ventas, lo que puede explicarse principalmente por el mayor poder adquisitivo que poseen los consumidores hoy en día y el aumento en la variedad de productos a los que pueden acceder.

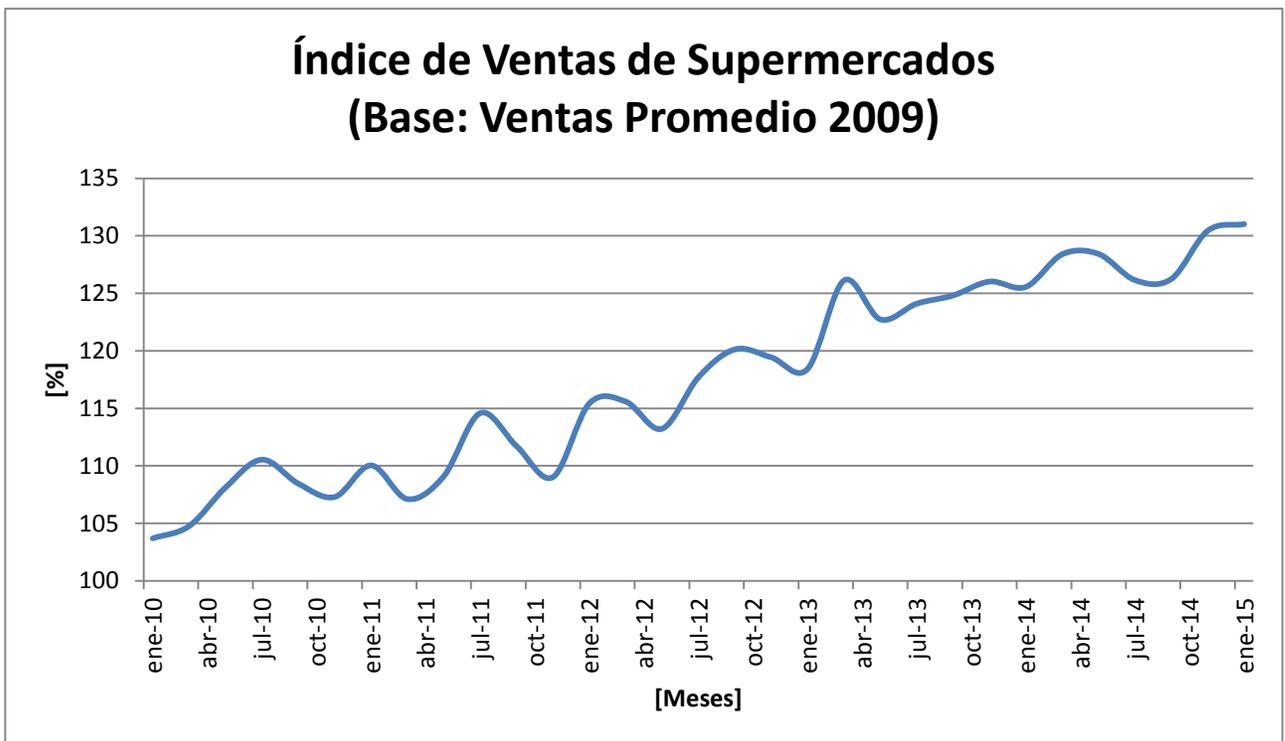


Ilustración 2.1: Índice de ventas de supermercados [1]

Debido al alto número de *sku's* que manejan, la variabilidad de la demanda por parte de los consumidores, los distintos tiempos de entrega de cada proveedor, entre otros, la administración de inventario de los supermercados puede llegar a ser un proceso de gran complejidad; el determinar la cantidad de producto óptima que debe haber por cada *sku* en sala continúa siendo un desafío hasta el día de hoy.

Esto se debe a que por lo general, busca compatibilizar dos objetivos contrapuestos: tener inventarios bajos y mantener un buen nivel de servicio o disponibilidad en góndola. A pesar de que ambos son fundamentales para el negocio, las medidas que se tomen para alcanzar uno de ellos provocarán consecuencias en el otro.

El priorizar por tener un bajo *stock* de productos en sala y así no incurrir en costos por sobre inventario (los cuales se deben principalmente al capital inmovilizado involucrado y a costos de almacenaje) puede llevar al quiebre de las góndolas si la demanda aumenta inesperadamente, generando ventas perdidas y la insatisfacción de los clientes.

A su vez, para tener un nivel de servicio de un 100% en todo momento, sería necesario incurrir irremediabilmente en niveles de sobre *stock* en sala, ya que es imposible predecir el comportamiento exacto de la demanda futura.

Aún peor es el caso en que se tienen altos niveles de inventario en los productos "equivocados" (que venden muy por debajo del *stock* promedio en sala) y bajos niveles en los productos que venden igual al inventario existente o que venderían por sobre este en caso de que fuera mayor.

De esta forma, la clave está en optimizar los niveles de inventario y compatibilizar los dos objetivos anteriores, priorizando por el que tenga mayor relevancia para el supermercado en cuestión: algunos están dispuestos a quebrar con tal de no tener altos niveles de *stock* y otros son capaces de sobre inventariar las tiendas en pos de entregar un nivel de servicio superior a los consumidores finales.

A continuación se muestra el caso de una cadena de supermercados chilena que desea optimizar sus inventarios en dos de sus categorías: limpieza y perfumería. Actualmente, para dichas categorías, las salas de la cadena poseen un manejo de inventarios basado en pedidos realizados por los reponedores, quienes cuentan con una ficha que muestra la cantidad de cada *sku* existente en sala (*stock* teórico).

A partir de esta ficha, de la revisión de la sala y de su conocimiento (basado en la experiencia previa) respecto a la cantidad aproximada de producto que se debe tener para no incurrir en quiebres, realizan los pedidos. Estos últimos son revisados por el jefe de sala, quien es el encargado de su aprobación.

Dicho método de abastecimiento genera ineficiencias importantes como sobre inventarios y quiebres de stock en distintas salas y *sku's*, por lo que la empresa estudiada tiene especial interés en atacar estas oportunidades de mejorar.

Por esta razón, la cadena ha decidido pasar de un proceso de reposición manual (pedidos hechos por reponedores) a un proceso de reposición automática. Este último utiliza un programa que arroja el pedido necesario de cada *sku* para cada sala en base a modelos matemáticos de gestión de inventario. De esta forma, el abastecimiento de las salas para dichas categorías deja de estar en manos de los reponedores y pasa a ser responsabilidad exclusiva del área de logística de la cadena.

Actualmente competidores similares a la empresa estudiada utilizan dicho sistema para gestionar sus inventarios en las categorías mencionadas.

En base a lo anterior, el trabajo expuesto a continuación consiste en el desarrollo de un modelo de gestión de inventarios que permitirá tener niveles de *stock* eficientes en artículos de limpieza y perfumería, manteniendo un nivel de servicio en góndola sobre un 99%. En términos simples, esto último apunta a que de cada cien veces que un cliente busque un producto en particular, por lo menos pueda encontrarlo noventa y nueve veces disponible. Dicho nivel de servicio fue estipulado por la empresa en estudio, la cual desea que este se encuentre en línea con su estrategia (asegurar la disponibilidad de productos como indicador de un servicio de calidad).

2. Descripción de la Empresa

La empresa estudiada corresponde a una cadena de supermercados chilena reconocida, la que a su vez tiene operaciones en Argentina y Colombia. Con treinta y nueve años de trayectoria y cuarenta y siete salas a lo largo de todo el país, se caracteriza por brindar un servicio de excelencia a sus clientes, tanto por su surtido de productos (de procedencia nacional y extranjera) como por la atención en sus locales.

La cadena cuenta con dos tipos de salas: hipermercados y supermercados. La diferencia entre ambas radica en su tamaño, en su surtido de productos y el número de cajas disponibles que poseen, donde las primeras se caracterizan por ser más grandes, contar con una mayor variedad de *sku's* y una mayor cantidad de cajas a disposición de los clientes respecto a las segundas.

En cuanto a sus canales de venta, además de las salas cuenta con una plataforma de comercio en línea, la que permite a los clientes revisar el catálogo virtual de productos y comprar desde la comodidad de sus casas. Una vez realizada la compra, el consumidor puede ir a retirar su pedido a un local específico o pedir despacho a domicilio. Esta última opción contempla horarios estipulados de despacho y un costo adicional en el total de la compra.

Esta modalidad de venta trae consigo una serie de beneficios para la empresa, tales como disminuir costos de reposición de las góndolas y de servicio en sala. Además, permite descongestionar estas últimas. Por último, captura a un segmento de clientes que prefiere realizar sus compras online, el que no estaba cubierto anteriormente por la venta presencial.

La estrategia de negocio de la empresa se desarrolla en base a tres elementos principales:

- Club de fidelización para premiar la lealtad, frecuencia y montos de compra de los clientes: este se basa en un sistema de acumulación de puntos, los cuales permiten realizar canjes de productos, descuentos en el total de la compra, entre otros. Esta práctica ha demostrado a lo largo del tiempo ser capaz de generar un aumento en la frecuencia y montos de compra de los clientes. Además, entrega data transaccional valiosa que permite estudiar su comportamiento y preferencias a la hora de elegir un producto.
- *Retail* financiero (tarjeta de crédito).
- Ganancias por medio del margen y no por la cantidad de productos vendidos: la cadena tiene como *target* segmentos de clientes de medios y altos ingresos, lo que le ha permitido obtener márgenes de venta por sobre el promedio de la industria. Esto se logra en base a una estructura de precios más altos que los ofrecidos por la competencia, los cuales se justifican por entregar un servicio de mayor calidad en comparación a los demás supermercados.

Por otro lado, es importante destacar que la empresa cuenta con una línea de productos de marca propia. Al pertenecer a la cadena, la venta de estos productos entrega márgenes más altos que los obtenidos mediante la venta de productos de proveedores externos, por lo que esta pone especial énfasis en su publicidad y exposición en salas.

Finalmente, como sello de la calidad de los productos y servicio que ofrecen, la cadena tiene una serie de compromisos hacia los consumidores, con el objetivo de que la experiencia de compra de estos últimos sea la mejor posible:

- Devolución del doble del dinero en mercadería si el producto adquirido no cumple con los estándares esperados por el cliente.

- En caso de no tener un producto que ofrezca la competencia, la empresa se hará cargo de conseguirlo y entregarlo al cliente en menos de veinticuatro horas.
- Resolución de reclamos de los clientes en menos de veinticuatro horas.
- Una caja no estará cerrada en caso de haber tres o más clientes en la fila.
- Actividades diarias en los locales para los consumidores, tales como descuentos limitados, concursos, entre otros.

3. Cadena de Abastecimiento

La cadena de abastecimiento de la empresa está conformada por los siguientes eslabones:

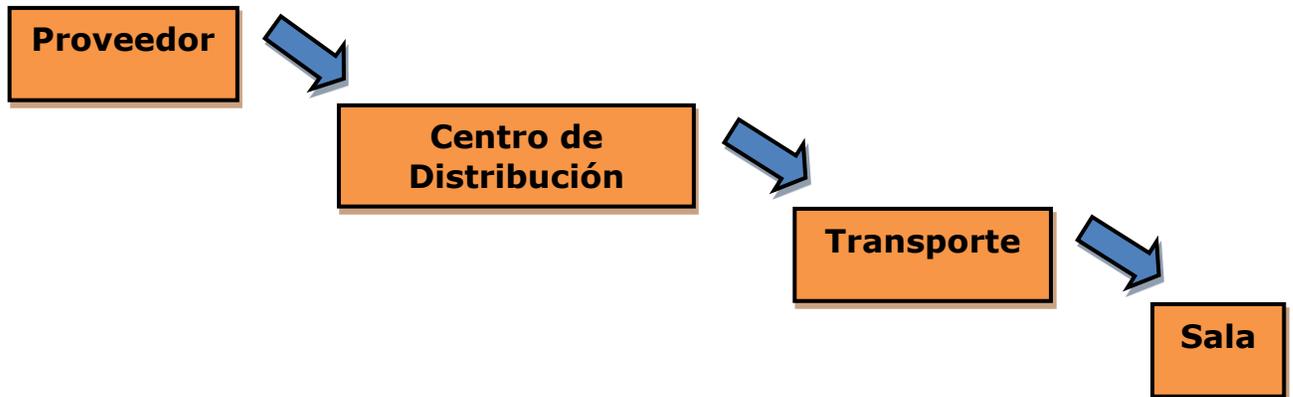


Ilustración 3.1: Cadena de abastecimiento

A continuación se muestra cada uno de ellos en detalle:

3.1. Proveedores

La empresa posee dos mil doscientos proveedores actualmente. A continuación se muestran los diez principales respecto a su volumen de ventas:

- Agrosuper Com. de Alimentos
- Nestlé Chile S.A.
- Unilever Chile S.A.
- Samsung Electronics
- Comercial Santa Elena S.A.
- Empresas Carozzi S.A.
- CMPC Tissue S.A.
- Watt's S.A.
- Coop. Agric. y Lechera de la Unión
- LG Electronics Inc. Chile

Cabe destacar que ninguno de ellos concentra más del 10% de las ventas totales de la cadena.

Respecto a las categorías de limpieza y perfumería, se tienen ciento sesenta y cuatro proveedores. Estos últimos realizan los envíos solicitados por la cadena directamente a su centro de distribución. El costo de transporte desde sus instalaciones al centro de distribución de la empresa corre por cuenta de ellos.

3.2. Centro de Distribución

Ubicado en la comuna de Pudahuel, el centro de distribución se hace cargo de realizar pedidos, de almacenar los productos enviados por los proveedores y despacharlos a las distintas salas a medida que vayan siendo solicitados por estas. Una vez que una sala hace un pedido, el centro de distribución se encarga de prepararlo, cuadrarlo en el camión y hacer el envío.

Por otro lado, el centro de distribución tiene la facultad de realizar pedidos a proveedores de limpieza y perfumería de forma diaria de lunes a viernes, con un tiempo de entrega promedio de cuarenta y ocho horas desde la realización del pedido hasta la entrega en el centro de distribución en caso de que el pedido haya sido realizado de lunes a jueves; de ser realizado el día viernes, el tiempo de entrega es de setenta y dos horas aproximadamente. Tomando en cuenta este punto, el centro de distribución debe abastecerse debidamente para los fines de semana, donde no puede realizar pedidos y las salas por lo general muestran su *peak* de ventas.

3.3. Transporte

Antiguamente, los proveedores de limpieza y perfumería despachaban sus productos directamente a las salas. Sin embargo, el año 2013 la cadena de supermercados vivió un proceso de centralización con el objetivo principal de alcanzar nuevas eficiencias; una de ellas era optimizar el envío de los productos a las salas.

Así, los proveedores dejarían de incurrir en el gasto de ir a las salas a despachar pedidos únicos y podrían comenzar a enviarse camiones llenos desde el centro de distribución de la cadena. Sin embargo, se decidió que estos últimos le otorgarían un descuento logístico a la cadena de supermercados debido a las sinergias generadas por la centralización, de manera de costear el viaje de los pedidos desde el centro de distribución a las salas. Así, los gastos de transporte de proveedor a centro de distribución y de centro de distribución a sala son absorbidos por los proveedores.

Por otro lado, la flota de camiones que utiliza la empresa corresponde a un servicio subcontratado, el cual se hace cargo de proporcionar vehículos siempre que esta lo solicite.

3.4. Punto de Venta

La cadena posee cuarenta y siete salas a lo largo del país, desde Iquique a Puerto Montt. Cada una de ellas recibe los pedidos realizados por los reponedores y estos últimos se hacen cargo de que el nuevo producto existente en bodega pase a las góndolas a medida que estas empiezan a vaciarse.

Existen dos clases de reponedores: los subcontratados por la cadena de supermercados y los subcontratados por los proveedores. Estos últimos ofrecen este servicio a la cadena de manera de velar por la efectiva reposición de sus productos en góndola y tener algún grado de control sobre los inventarios de los supermercados, con el objetivo de maximizar sus ventas. Además, la cadena reduce costos, por lo que se ve beneficiada con esta medida. Por esta razón, es una práctica bastante utilizada en la industria.

La forma de realizar pedidos en sala es la siguiente: los reponedores revisan el inventario existente en las góndolas y en la bodega, apoyándose con una planilla que muestra el *stock* actual (*stock* teórico). En base a esto, estiman cuánto producto se debe encargar al centro de distribución de manera de no llegar a quebrar en las góndolas. Luego, entregan el pedido al jefe de local para que lo apruebe y se realice.

Respecto a los días de pedido y sus tiempos de entrega, estos varían dependiendo de la sala y del producto a pedir.

Por un lado, los productos se clasifican entre normales y valiosos. La diferencia entre ambos, como lo indica su nombre, radica en su valor y en el potencial que tienen para ser robados. En base a este atributo, los artículos valiosos poseen mayor seguridad en su almacenamiento que los artículos normales. Por esta razón, debido a las dificultades adicionales que conlleva el sacar productos valiosos del centro de distribución respecto a los normales, los primeros tienen una menor frecuencia de pedido que los segundos.

Por otra parte, cada sala cuenta con un *tetris* propio que indica los días para realizar pedidos de cada producto (dependiendo de si es normal o valioso) y los *lead times* o tiempos de entrega asociados.

De esta forma, cada combinación sala-producto posee días de pedido y tiempos de entrega determinados.

4. Planteamiento del Problema

El método de abastecimiento de salas descrito en la parte anterior, conocido como reposición manual ha mostrado no ser lo eficiente que desearía la empresa. La decisión acerca de cuánto producto pedir por cada *sku* por sala depende únicamente de los reponedores y del jefe de sala, por lo que el área de logística de la cadena no tiene control sobre el inventario y no es capaz de gestionar ineficiencias tales como altos niveles de *stock* o quiebres de *stock*. Este es un punto importante a considerar, tomando en cuenta que los reponedores subcontratados por los proveedores tienen incentivos por mantener altos niveles de inventario en pos de que su proveedor le venda una mayor cantidad de producto a la cadena de supermercados, lo que puede llevarlos a pedir una cantidad de producto mayor a la necesaria.

A continuación se exponen dos costos importantes a los que debe enfrentarse la empresa con el sistema de manejo de inventarios actual:

- El costo de oportunidad del dinero invertido en sobre *stock* [2]: este se describe como el costo de tener dinero invertido en producto que no se venderá de inmediato, cuando podría estar rentando en otro activo. Este puede calcularse como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Costo Oportunidad} = \\ \text{Sobre Stock} * \text{Costo Capital} = \\ (\text{DOH Actuales} - \text{DOH Óptimos}) * \text{Venta Diaria} (\$) * \text{Costo Capital} \end{aligned} \quad (1)$$

Con

$$\text{DOH (Días de Inventario)} = \frac{\text{Stock} (\$)}{\text{Venta Diaria Promedio} (\$)} \quad (2)$$

Respecto a los DOH óptimos, se definen como los DOH mínimos necesarios para no incurrir en quiebres. Es importante destacar que se desconoce dicho valor con los datos actuales. Encontrar un valor que ronde los DOH óptimos es uno de los objetivos del trabajo a realizar.

Tomando en cuenta que se estima se tienen al menos 25 DOH de productos de perfumería y limpieza por sobre lo necesario en la cadena (hacia el año 2012 se tenían dichos valores y un nivel de quiebres aceptable para la empresa), que sus ventas diarias ascienden a \$164.000 M CLP (a precio costo para el supermercado) y que el costo de capital promedio del sector supermercados es de un 9,6% anual [3], el actual costo de oportunidad por sobre *stock* para la cadena sería alrededor de \$393.600 M CLP anuales.

- Los costos por venta perdida [2] se definen como los costos generados por la falta de producto en góndola, imposibilitando así su venta. Estos dependen netamente de la decisión que tome el cliente luego de no encontrar un producto disponible. El gráfico que se muestra a continuación [4] se crea a partir de un estudio realizado a más de 71.000 consumidores, quienes se encontraron con el quiebre del producto que buscaban.

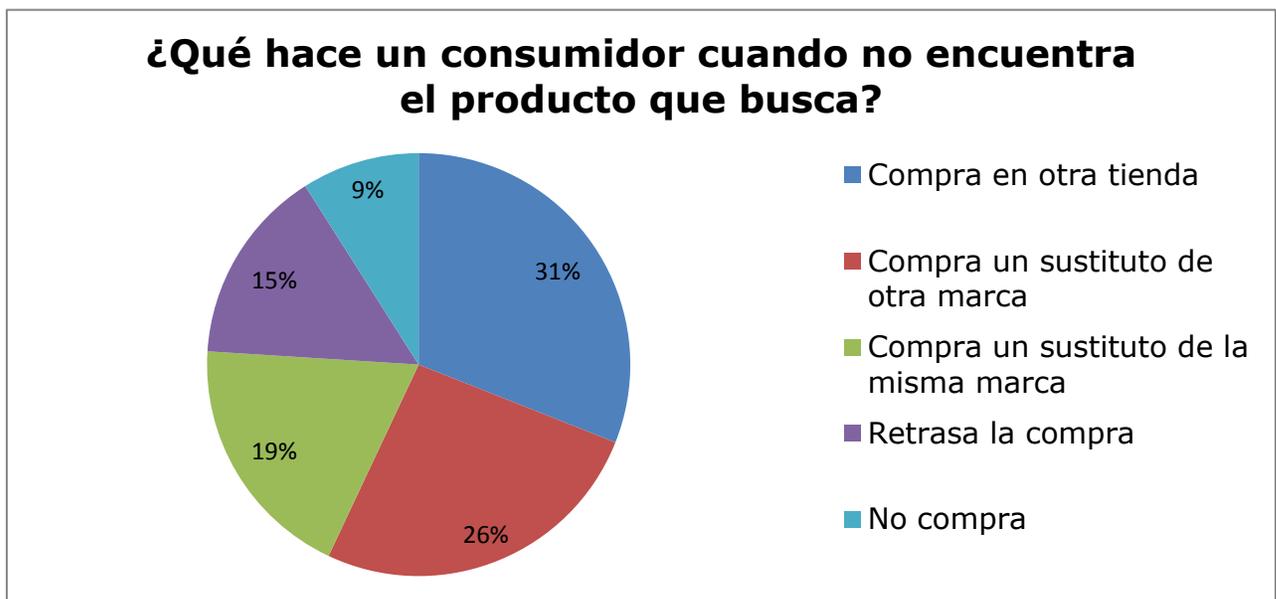


Ilustración 4.1: ¿Qué hace un consumidor cuando no encuentra el producto que busca?

A partir de este estudio, se deduce que el 40% de los quiebres de productos se traducen en venta perdida para la cadena.

Así, los costos por venta perdida pueden calcularse como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Costo Venta Perdida} = & \\ & \text{Ventas Anuales con 100\% de Nivel de Servicio} & \text{(3)} \\ * \% \text{ Quiebre Stock Anual Cadena Ponderado por Ventas} & \\ & * \% \text{ Margen Cadena} * 0,4 \end{aligned}$$

Cabe destacar que los quiebres de *stock* se ponderan por las ventas debido a que no todos los quiebres de la cadena son iguales: hay productos que generan mayores ingresos al venderse que otros.

Por otro lado, se estima que con un nivel de servicio de un 100%, la cadena tiene ventas anuales de productos de limpieza y perfumería que ascienden a \$73.500 MM CLP (a precio consumidor).

Así, considerando que los márgenes brutos de la cadena son de un 24% aproximadamente para artículos de limpieza y perfumería [5] y que el nivel de servicio anual actual de la cadena es de un 97% para dichos artículos, se tienen costos anuales por venta perdida de \$211.680 M CLP aproximadamente para los productos de las categorías aludidas.

Haciendo una comparación entre ambos, se estima que actualmente la empresa incurre principalmente en costos de sobre inventario *versus* los generados por quiebres de *stock* (en línea con la estrategia de la empresa, la cual prioriza el tener un nivel de servicio de excelencia como sello de calidad).

Por lo anterior, la cadena ha decidido pasar de un proceso de reposición manual (pedidos hechos por reponedores) a un proceso de reposición automática para artículos de limpieza y perfumería.

Este último utiliza un programa que arroja el pedido necesario de cada *sku* para cada sala en base a modelos matemáticos de gestión de inventario.

De esta forma, el abastecimiento de las salas deja de estar en manos de los reponedores y pasa a ser responsabilidad exclusiva del área de logística de la cadena.

En base a lo anterior, el trabajo expuesto a continuación consiste en el desarrollo de un modelo de gestión de inventarios que permita tener niveles de *stock* eficientes en artículos de limpieza y perfumería, manteniendo un nivel de servicio en góndola sobre un 99%. En términos simples, esto último apunta a que de cada cien veces que un cliente busque un producto en particular, por lo menos pueda encontrarlo noventa y nueve veces disponible. Dicho nivel de servicio fue estipulado por la empresa en estudio, la cual desea que este se encuentre en línea con su estrategia (asegurar la disponibilidad de productos como indicador de un servicio de calidad).

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Disminuir los inventarios en la cadena de supermercados estudiada en productos de limpieza y perfumería, mediante el desarrollo de un sistema de manejo de inventarios fácil de utilizar, manteniendo un buen nivel de servicio en sala.

5.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos a alcanzar son los siguientes:

- Elegir las salas y *sku's* a trabajar.
- Hacer una revisión de la situación actual (ventas, niveles de inventario, merma y servicio en góndola).
- En base a una revisión bibliográfica, elegir un modelo de pronóstico de demanda y un sistema de control de inventarios adecuados y modificarlos para que incluyan las características y restricciones propias de la empresa.
- Probar el sistema de inventarios propuesto y sus potenciales resultados.
- Comparar los resultados obtenidos con el modelo respecto a los resultados históricos.

6. Metodología

Los pasos a seguir en el desarrollo del proyecto fueron los descritos a continuación:

6.1. Revisión Bibliográfica y creación del Marco Teórico

Se realizó una investigación bibliográfica exhaustiva, de la cual se buscó extraer todos los conceptos e información relevantes que sirvieran para desarrollar el tema. En particular, la revisión se centró en modelos de estimación de demanda y sistemas de manejo de inventarios.

6.2. Selección de la Muestra

Se definieron los alcances del estudio en cuanto a las salas, productos y períodos de análisis, de forma de acotarlo y utilizar una muestra que permitiera llegar a resultados relevantes.

6.3. Situación Actual

Se hizo un análisis de la situación actual de la cadena, el cual contempló visitas a sala y la recopilación y análisis de data histórica de ventas, inventario y niveles de servicio en góndola, de manera de evaluar el contexto en el que se encuentran los indicadores clave de los objetivos del estudio al día de hoy.

6.4. Estimación Merma

Se realizaron mediciones semanales en sala durante un mes para estimar la merma y su estacionalidad en sala.

6.5. Diseño Modelo de Pedidos

En base a la revisión bibliográfica, se eligieron los modelos de estimación de demanda y gestión de inventario que mejor se adaptaran a la situación de la cadena y se les realizaron las modificaciones pertinentes para que entregaran los resultados más exactos posibles.

6.6. Prueba y Resultados

Usando los modelos elegidos, se diseñó un sistema de manejo de inventarios fácil de utilizar que optimiza los inventarios, manteniendo un nivel de servicio por sobre un 99%.

A partir de la prueba de los modelos (utilizando como *input* la data histórica), se contrastaron los inventarios históricos con los sugeridos por ellos, determinando las potenciales mejoras que conllevaría su implementación en la práctica. Además, se evaluaron los indicadores clave resultantes de dicha prueba.

6.7. Simulación

Con el objetivo de verificar cómo se comportaría el modelo desarrollado en distintos escenarios, en base a la data histórica se realizaron simulaciones de demanda futura y se evaluó el desempeño del sistema de manejo de inventarios.

6.8. Conclusiones

Finalmente, se muestran los resultados y conclusiones más importantes obtenidas del estudio.

7. Marco Teórico

A continuación se muestran los conceptos y modelos más relevantes para el estudio obtenidos de la revisión bibliográfica.

7.1. Indicadores de Desempeño de los Inventarios [6]

Los indicadores de desempeño de los inventarios tienen como principal objetivo reflejar la eficiencia y oportunidades de estos últimos. Los más utilizados son los siguientes:

7.1.1. Costos de Inventario

Los costos de inventario pueden definirse como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Costo Inventario} = \\ \text{Costo Compra} + \text{Costo Colocación Pedido} \\ + \text{Costo de Mantenimiento} + \text{Costo Inexistencias} \end{aligned} \quad (4)$$

- Costo de compra: costo de adquirir un artículo.
- Costo de colocación de un pedido: costo administrativo de realizar un pedido.
- Costo de mantenimiento: costo de mantener artículos en inventario durante un período de tiempo determinado. Por lo general, se considera como un porcentaje del valor del producto. Este se encuentra en un rango que va desde un 15% a un 30% al año.

El costo de mantenimiento se constituye por tres componentes: el costo de almacenamiento o bodegaje, el costo de capital de tener dinero invertido en productos que no se venderán de inmediato y el costo de obsolescencia y deterioro de los productos en inventario.

- Costo de inexistencias: costo generado por quebrar en góndola.

7.1.2. Nivel de Servicio

Este se define como el porcentaje de la demanda satisfecha por los productos disponibles. Corresponde a uno de los índices más importantes para la cadena en estudio, debido a que esta tiene su estrategia de negocio enfocada en la calidad del servicio que entrega y la disponibilidad en góndola es un indicador fundamental de calidad.

$$\text{Nivel de Servicio} = \frac{\text{Demanda Satisfecha}}{\text{Demanda Total}} \quad (5)$$

La cadena en estudio busca mantener al menos un 99% de nivel de servicio. Es decir, de cada cien veces que un cliente busque un producto específico, debe encontrarlo al menos noventa y nueve veces disponible.

7.1.3. Días de Inventario (DOH)

Este es uno de los indicadores más utilizados para evaluar la eficiencia de los inventarios en supermercados. Apunta a la cantidad de días de venta que los inventarios existentes son capaces de suplir.

La ecuación (2) muestra la forma de calcular los días de inventario.

7.2. Sistemas de Control de Inventario [2]

Existen dos interrogantes principales a responder a la hora de manejar los inventarios de un supermercado, las cuales son cuándo y cuánto comprar. Mediante los sistemas de gestión de inventario se busca responder a estas preguntas.

En la actualidad se utilizan tres sistemas clásicos de control de inventario: el modelo de cantidad fija o económica de pedido (EOQ), el sistema de revisión continua y el sistema de revisión periódica.

7.2.1. Modelo de Cantidad Fija o Económica de Pedido (EOQ)

Creado por F.W. Harris en el año 1915, el EOQ (*Economic Order Quantity*) hace una serie de supuestos relevantes:

- Asume una demanda constante y conocida.
- Asume un tiempo de entrega o *lead time* L (tiempo comprendido desde la colocación de un pedido hasta su entrega) constante y conocido.
- No permite quiebres: al asumir una demanda y tiempos de entrega constantes, se puede determinar con exactitud el momento y cantidad óptima de productos a comprar para no incurrir en quiebres.
- Asume costos de compra constantes. Es decir, no considera rebajas por comprar al por mayor.

A partir de la ecuación (4), sin considerar los costos de inexistencias (debido a que el EOQ no permite quiebres), el modelo busca minimizar la siguiente ecuación de costos:

$$\text{Costo Inventario} = DC + D\frac{S}{Q} + \frac{Q}{2}H \quad (6)$$

Con

D = Demanda productos.

C = Costo unitario de los productos.

S = Costo de colocación de un pedido (fijo).

Q = Tamaño del pedido.

$H = iC$ = Costo de mantenimiento promedio por unidad de inventario (con i un porcentaje del costo del producto).

DC representa el costo de la compra de los productos, $D\frac{S}{Q}$ el costo de colocación de los pedidos y $\frac{Q}{2}H$ el costo de mantenimiento total (con $\frac{Q}{2}$ el inventario promedio).

Derivando (6) respecto a Q e igualando a cero, se obtiene lo siguiente:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{iC}} \quad (7)$$

Donde Q^* se conoce como Q de Wilson. Este representa el tamaño de pedido que minimiza los costos de inventario.

7.2.2. Sistema de Revisión Continua

Respecto al EOQ, este sistema tiene la ventaja de eliminar el supuesto de demanda constante, una de sus limitaciones más importantes. Por esta razón, también elimina el supuesto de la no existencia de quiebres (al tener una demanda aleatoria, considera posible quebrar).

El sistema de revisión continua, como lo dice su nombre, se basa en una revisión continua de la posición de existencia, la cual se define como sigue:

$$\textit{Posición de Existencia} = \textit{Inventario Actual} + \textit{Producto en Tránsito} \quad (8)$$

Una vez que el inventario cae por debajo de un punto de reorden estipulado R , se coloca un pedido por una cantidad fija de producto Q . De esta forma, el sistema de revisión continua también es conocido como sistema (Q,R).

La cantidad Q a pedir se determina de forma análoga a la utilizada en el sistema EOQ, donde el *input* de la demanda corresponde a la demanda promedio observada.

Por su parte, el punto de reorden R se basa en la distribución de probabilidad de la demanda (la cual se asume típicamente como distribución normal) durante el tiempo de entrega del producto. Esto se debe a que el sistema considera que los riesgos de quiebre se concentran en el tiempo que transcurre entre la colocación del pedido y la llegada de este.

De esta forma, el punto de reorden se define como sigue:

$$R = m + s \quad (9)$$

Con

m = Demanda promedio estimada durante el tiempo de entrega L .

s = Inventario de seguridad.

Por su parte, el inventario de seguridad s se puede expresar de la siguiente forma:

$$s = z\sigma$$

(10)

Con

z = Factor de seguridad.

σ = Desviación estándar promedio de la demanda durante el tiempo de entrega L .

Cabe destacar que mediante el factor de seguridad z no sólo es posible controlar el punto de reorden, sino que también el nivel de servicio deseado.

7.2.3. Sistema de Revisión Periódica

El sistema de reposición periódica (también conocido como sistema P) revisa la posición de existencia a intervalos de tiempo P fijos, en los cuales es capaz de realizar pedidos.

Este sistema fija un nivel de inventario objetivo T que busca cubrir la demanda estimada (la cual se asume sigue una distribución de probabilidad normal) durante el intervalo de tiempo $P + L$, con P el tiempo comprendido desde la revisión actual hasta la siguiente revisión y L el tiempo de entrega del pedido realizado en la siguiente revisión.

Por otro lado, en cada revisión el sistema pedirá la diferencia entre el inventario objetivo T y la posición de existencia actual.

El sistema de revisión periódica posee tres diferencias fundamentales respecto al sistema de revisión continua:

- El primero tiene un inventario objetivo que busca alcanzar, mientras que el segundo tiene un punto de reorden.

- El primero no tiene una cantidad fija de pedido, sino que esta varía dependiendo de cuanto falta para llegar al inventario objetivo.
- El primero tiene intervalos fijos de compra, a diferencia del segundo que puede comprar constantemente.

En cuanto a su implementación, el sistema P queda definido por dos parámetros: el tiempo entre revisiones P y el inventario objetivo T .

- El tiempo entre revisiones P se define como sigue:

$$P = Q/D \quad (11)$$

Utilizando el Q determinado por el EOQ y reemplazándolo en (11), se obtiene:

$$P = \sqrt{\frac{2S}{iCD}} \quad (12)$$

- El inventario objetivo T se define de la siguiente forma:

$$T = m' + s' \quad (13)$$

Con

m' = Demanda promedio durante el período $P + L$.

s' = Inventario de seguridad.

Por su parte, el inventario de seguridad s' se define como:

$$s' = z\sigma' \quad (14)$$

Con

z = Factor de seguridad.

σ' = Desviación estándar durante el período $P + L$.

Al igual que en el sistema anterior, el factor de seguridad z permite controlar no sólo el inventario objetivo, sino que también el nivel de servicio deseado para la cadena.

7.3. Métodos de Pronóstico de Demanda [6] [7]

Una de las dificultades más importantes a la hora de gestionar inventarios es el no conocer a ciencia cierta cuánto producto demandarán los clientes o consumidores finales en el futuro. Por esta razón, a lo largo del tiempo se han diseñado diversos métodos para pronosticar la demanda futura, de manera de tener un inventario acorde a lo que se estima se venderá.

Existen cuatro tipos de pronóstico de demanda básicos utilizados al día de hoy: cualitativos, análisis de series de tiempo (cuantitativos), relaciones causales y simulación. A continuación se revisarán los dos primeros en detalle.

7.3.1. Métodos Cualitativos

Estos se utilizan por lo general cuando se carece de data numérica que permita desarrollar modelos matemáticos para la estimación de la demanda futura.

7.3.1.1. Técnicas Acumulativas (*Grass Roots*)

Esta técnica se basa en los *inputs* otorgados por aquellos que tratan día a día con los clientes o consumidores finales. Supone que las personas que se encuentran más cerca de los consumidores tienen una noción acertada de sus necesidades futuras.

7.3.1.2. Investigación de Mercado

Recopila datos de diversas maneras, tales como entrevistas, encuestas, *focus groups*, entre otras. Por lo general se utiliza para la introducción de nuevos productos o para estimar la demanda futura a largo plazo.

7.3.1.3. Grupos de Consenso

Se basa en el supuesto de que “dos cabezas piensan mejor que una”. En los grupos de consenso se reúnen personas con diversas posiciones al interior de una organización (ejecutivos, vendedores, clientes, entre otros), exponen sus ideas y discuten acerca de los posibles futuros escenarios de demanda.

Un inconveniente importante de este método es que muchas veces los participantes se sienten intimidados o temerosos de dar su opinión ante individuos que ocupan un rol superior en la empresa, por lo que se abstienen de opinar o dan una opinión falsa.

7.3.1.4. Analogía Histórica

Esta técnica pronostica la demanda futura de un artículo en base a un artículo similar, ya sea complementario o sustituto, el cual se denomina comúnmente producto espejo. Por lo general, se utiliza para introducir artículos nuevos.

7.3.1.5. Método de Delfos

Esta técnica se encarga de terminar con el inconveniente del grupo de consenso, manteniendo anónima la identidad de los integrantes del estudio, cuyas opiniones ponderan lo mismo independiente del rol que desempeñen. A diferencia de los grupos de consenso, el método de Delfos no utiliza una discusión abierta, sino que los individuos deben completar un cuestionario y a partir de sus respuestas, se genera el pronóstico.

7.3.2. Métodos Cuantitativos

Los métodos cuantitativos o por series de tiempo se basan en modelos matemáticos que utilizan como *input* la data histórica de la demanda y a partir de ella, arrojan como resultado un pronóstico de la demanda futura. Estos suponen que la demanda puede dividirse en cinco componentes:

- Nivel o demanda base: consiste en la demanda promedio para un período de tiempo extenso. También es la demanda resultante luego de quitar el resto de las componentes.
- Estacionalidad: patrón repetitivo de alzas y caídas en la demanda a lo largo del tiempo, usualmente en un período anual.

Un ejemplo de estacionalidad es el aumento en la demanda de árboles de navidad en diciembre. Cada año se observa un *peak* de ventas en esta fecha por sobre el resto de los meses.

- Tendencia: se define como el patrón evolutivo de la demanda en el largo plazo. Este puede ser positivo (demanda aumenta a lo largo del tiempo), neutral (se mantiene) o negativo (disminuye).

- Ciclo: similar a la estacionalidad, consiste en un patrón de alzas y caídas en períodos de tiempo superiores a un año.

Ejemplos de ciclos son comportamientos de la demanda resultantes de guerras, elecciones políticas, etc.

- Error o residuo: consiste en la porción de la demanda que incluye cantidades aleatorias e imprevisibles, las cuales no pueden capturarse mediante las otras componentes.

A continuación se muestran los métodos cuantitativos clásicos más relevantes para el estudio:

7.3.2.1. Promedio Móvil Simple

Es el más simple de los pronósticos por series de tiempo. Supone que la serie de tiempo contiene sólo las componentes de nivel y error o residuo.

Para utilizar este modelo, en primer lugar se selecciona un número N de períodos pasados para los cálculos. Luego se calcula la demanda promedio A_t para dichos N períodos en el momento t de la siguiente forma:

$$F_t = A_t = \frac{D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-N}}{N} \quad (15)$$

Con

F_t = Pronóstico demanda en t .

A_t = Demanda promedio en t .

D_i = Demanda en el período i .

N = Cantidad de períodos.

7.3.2.2. Promedio Móvil Ponderado

Derivado del promedio móvil simple, el promedio móvil ponderado asigna pesos a las demandas pasadas.

La ecuación que se utiliza para este método es la siguiente:

$$F_t = A_t = w_{t-1}D_{t-1} + w_{t-2}D_{t-2} + \dots + w_{t-N}D_{t-N} \quad (16)$$

Con

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1$$

Donde

- F_t = Pronóstico demanda en t .
- A_t = Demanda promedio ponderada en t .
- w_i = Ponderación de la demanda en el período i .
- D_i = Demanda en el período i .
- N = Cantidad de períodos.

7.3.2.3. Suavización Exponencial

El método de suavización exponencial es el más utilizado de los pronósticos por series de tiempo, debido a que tiene las siguientes cualidades:

- Es bastante preciso.

- Es fácil de formular.
- Es fácil de explicar cómo funciona a quien deba implementarlo.
- Requiere de muy pocos cálculos.
- No se necesita de gran capacidad en el computador para ejecutarlo, debido a que ocupa datos históricos limitados.
- Es fácil evaluar su desempeño y precisión.

Este se basa en la premisa de que el pasado reciente tiene mayor influencia en la demanda futura respecto a los datos más alejados temporalmente. Por esta razón, la suavización exponencial consiste en una media aritmética ponderada que le otorga mayor peso a los datos recientes (cada incremento en el pasado se reduce $1 - \alpha$).

La fórmula más básica de la suavización exponencial es la siguiente:

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} = F_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - F_{t-1}) \quad (17)$$

Con

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período t .

F_{t-1} = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período $t - 1$.

α = Constante de suavización.

D_{t-1} = Demanda real para el período $t - 1$.

Al observar el dado derecho de la ecuación (17), es claro que la suavización exponencial corresponde al pronóstico anterior sumado a un porcentaje del error del pronóstico anterior (diferencia entre el pronóstico y la demanda real en el período $t - 1$).

7.3.2.4. Suavización Exponencial con Tendencia

Como dice su nombre, este método incorpora la componente de tendencia en su ecuación.

Además de la constante de suavización α utilizada para atenuar los datos pasados de la serie de tiempo, el modelo utiliza una constante de suavización δ para atenuar la tendencia pasada respecto a la más actual.

A continuación se muestran las ecuaciones que definen la suavización exponencial con tendencia:

$$\begin{aligned}
 PT_{t+1} &= F_t + T_t \\
 F_t &= \alpha D_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \\
 T_t &= \delta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \delta)T_{t-1}
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

Con

- PT_{t+1} = Pronóstico suavizado que incluye tendencia para el período $t + 1$.
- F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período t .
- T_t = Tendencia suavizada exponencialmente para el período t .
- α = Constante de suavización para los datos de la serie de tiempo ($0 < \alpha < 1$).
- D_t = Demanda real en el período t .
- F_{t-1} = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período $t - 1$.
- T_{t-1} = Tendencia suavizada exponencialmente para el período $t - 1$.
- δ = Constante de suavización de la tendencia ($0 < \delta < 1$).

7.3.2.5. Suavización Exponencial con Estacionalidad

Así como en el método anterior se incluyó una constante de suavización para la tendencia, es necesario incluir en este una constante de suavización para la estacionalidad. A esta se le llamará γ .

El modelo se define como sigue:

$$\begin{aligned} PE_{t+1} &= \frac{F_t}{R_{t-L+1}} \\ F_t &= \alpha \frac{D_t}{R_{t-L}} + (1 - \alpha)F_{t-1} \\ R_t &= \gamma \frac{D_t}{F_t} + (1 - \gamma)R_{t-L} \end{aligned} \quad (19)$$

Con

PE_{t+1} = Pronóstico suavizado que incluye estacionalidad para el período $t + 1$.

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período t .

L = Largo de la estacionalidad.

R_{t-L+1} = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período $t - L + 1$.

α = Constante de suavización para los datos de la serie de tiempo ($0 < \alpha < 1$).

D_t = Demanda real en el período t .

R_{t-L} = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período $t - L$.

F_{t-1} = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período $t - 1$.

R_t = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período t .

γ = Constante de suavización de la estacionalidad ($0 < \gamma < 1$).

7.3.2.6. Suavización Exponencial con Tendencia y Estacionalidad

También conocido como método de Holt Winters, este método incluye tanto tendencia como estacionalidad, por lo que es una mezcla de los dos métodos descritos anteriormente.

Las fórmulas que lo definen se muestran a continuación:

$$\begin{aligned}PTE_{t+1} &= (F_t + T_t)R_{t-L+1} \\F_t &= \alpha \frac{D_t}{R_{t-L}} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1}) \\R_t &= \gamma \frac{D_t}{F_t} + (1 - \gamma)R_{t-L} \\T_t &= \delta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \delta)T_{t-1}\end{aligned}\tag{20}$$

Con

PTE_{t+1} = Pronóstico suavizado que incluye tendencia y estacionalidad para el período $t + 1$.

F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período t .

T_t = Tendencia suavizada exponencialmente para el período t .

L = Largo de la estacionalidad.

R_{t-L+1} = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período $t - L + 1$.

α = Constante de suavización para los datos de la serie de tiempo ($0 < \alpha < 1$).

D_t = Demanda real en el período t .

R_{t-L} = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período $t - L$.

F_{t-1} = Pronóstico suavizado exponencialmente para el período $t - 1$.

T_{t-1} = Tendencia suavizada exponencialmente para el período $t - 1$.

R_t = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período t .

γ = Constante de suavización de la estacionalidad ($0 < \gamma < 1$).

δ = Constante de suavización de la tendencia ($0 < \delta < 1$).

7.3.2.7. Error de Pronóstico

Este se define como la diferencia entre el valor del pronóstico de la demanda dado y la demanda real para un período dado.

$$Er_t = D_t - F_t \quad (21)$$

Con

Er_t = Error del pronóstico en el período t .

D_t = Demanda observada en el período t .

F_t = Pronóstico para el período t .

Existen distintas formas de medir el grado de error de un pronóstico. A continuación se revisarán las más utilizadas.

7.3.2.7.1. Desviación Absoluta Media (MAD)

La desviación absoluta media consiste en el promedio de los errores absolutos de un pronóstico y se define mediante la siguiente fórmula:

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |Er_t|}{n} \quad (22)$$

Con

$|Er_t|$ = Valor absoluto del error del pronóstico en el período t .

n = Número de períodos pronosticados.

7.3.2.7.2. Error Absoluto Porcentual de la Media (MAPE)

Se define como el promedio de los errores porcentuales absolutos de un pronóstico:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{Er_t}{D_t} \right|}{n} \quad (23)$$

Con

$\left| \frac{Er_t}{D_t} \right|$ = Valor absoluto del error porcentual del pronóstico en el período t .
 n = Número de períodos pronosticados.

7.3.2.7.3. Error Cuadrático Medio (MSE)

Se define como el segundo momento del error e incorpora tanto la varianza como el sesgo del pronóstico:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Er_t)^2}{n} \quad (24)$$

Con

Er_t = Error del pronóstico en el período t .
 n = Número de períodos pronosticados.

8. Elección de la Muestra

Uno de los pasos clave en la realización del estudio era elegir una muestra relevante y representativa. Sólo de esta forma los resultados obtenidos permitirían generar cambios sustanciales en la logística de la cadena.

Respecto a las salas, se decidió trabajar con la sucursal que posee mayores ventas en la cadena: esta vende alrededor de tres veces más que el promedio de salas y es de tipo hipermercado. Por otro lado, representa el 6% de las ventas totales.

En cuanto a los artículos a estudiar, se eligió uno de los principales proveedores de productos de higiene y limpieza de la cadena, en particular las subcategorías detergentes y afeitado. A pesar de pertenecer al mismo rubro, estas muestran importantes diferencias entre sí, destacándose las siguientes:

- Los productos de tipo afeitado poseen altos índices de merma en comparación a los detergentes.
- La subcategoría detergentes posee una alta rotación de inventario, a diferencia de la subcategoría afeitado.

Para detergentes, siguiendo el principio de Pareto, se eligieron los 4 *sku's* que hacen el 76% de las ventas de la subcategoría del proveedor en el supermercado. Estos serán llamados "Sku 1 Detergentes", "Sku 2 Detergentes", "Sku 3 Detergentes" y "Sku 4 Detergentes". Para afeitado, se consideraron los 5 *sku's* que hacen el 72% de las ventas de la subcategoría del proveedor en el supermercado, los que se llamarán "Sku 1 Afeitado", "Sku 2 Afeitado", "Sku 3 Afeitado", "Sku 4 Afeitado" y "Sku 5 Afeitado".

Por otra parte, los artículos seleccionados componen el 24% de las ventas totales del proveedor en la cadena.

En cuanto a la selección del período de data histórica a revisar (ventas e inventario), se consideraron las 52 semanas del año 2014.

Por último, para la estimación de la merma se utilizaron mediciones semanales realizadas durante el mes de noviembre de 2014.

9. Situación Actual

Como se mencionó anteriormente, en la actualidad la forma de realizar pedidos en sala es la siguiente: los reponedores revisan el inventario existente en las góndolas y en la bodega, apoyándose con una planilla que muestra el *stock* actual (*stock* teórico). A partir de aquí, estiman cuánto producto se debe encargar al centro de distribución para no quebrar. Luego, entregan el pedido al jefe de local para que lo apruebe y se realice.

Respecto a los días de pedido, estos varían dependiendo de la sala y del producto a pedir. En particular, los productos de tipo afeitado se clasifican como valiosos y la sala elegida puede realizar pedidos de dichos artículos tres días fijos a la semana. Por otro lado, los productos de tipo detergentes se clasifican como normales y la sala estudiada puede realizar pedidos de estos *sku's* todos los días de lunes a sábado. Sin embargo, en la práctica los pedidos de los artículos mencionados se realizan con una frecuencia bastante menor.

En cuanto a los tiempos de entrega, se realizó un análisis estadístico de los tiempos de entrega históricos del año 2014, con el que se obtuvieron los siguientes resultados:

Promedio [Semanas]	Desviación Estándar [Semanas]
0,24	0,03

Tabla 9.1: Promedio y desviación estándar tiempos de entrega

Finalmente, hay dos puntos importantes a considerar:

- El costo de colocación de pedidos es constante, independiente del número de pedidos realizados y el número de unidades que los conformen.
- No existen descuentos asociados al tamaño del pedido.

A continuación se muestra el análisis de la situación actual de la sala y *sku's* en estudio resultante de la política de pedidos utilizada al día de hoy, el cual está basado en los datos históricos de las 52 semanas del año 2014. Luego, se revisa el desempeño de los inventarios actuales en base a los indicadores expuestos en el marco teórico.

9.1. Inventario y Ventas

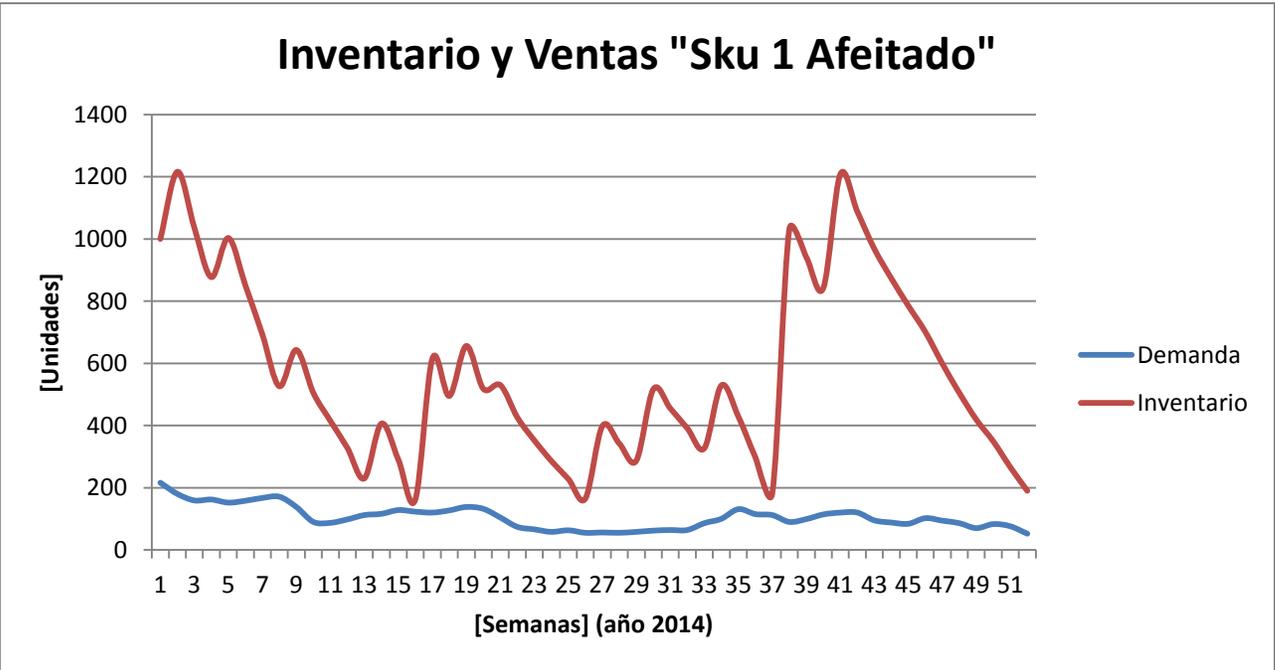


Ilustración 9.1: Inventario y ventas "Sku 1 Afeitado"

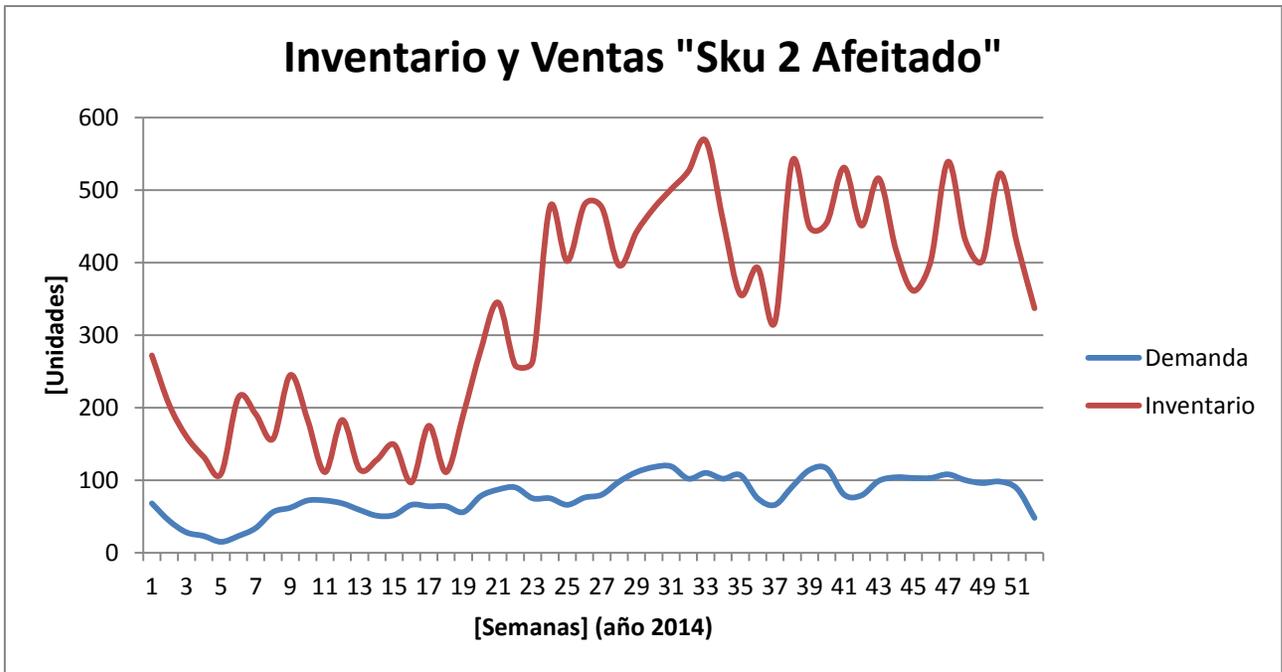


Ilustración 9.2: Inventario y ventas "Sku 2 Afeitado"

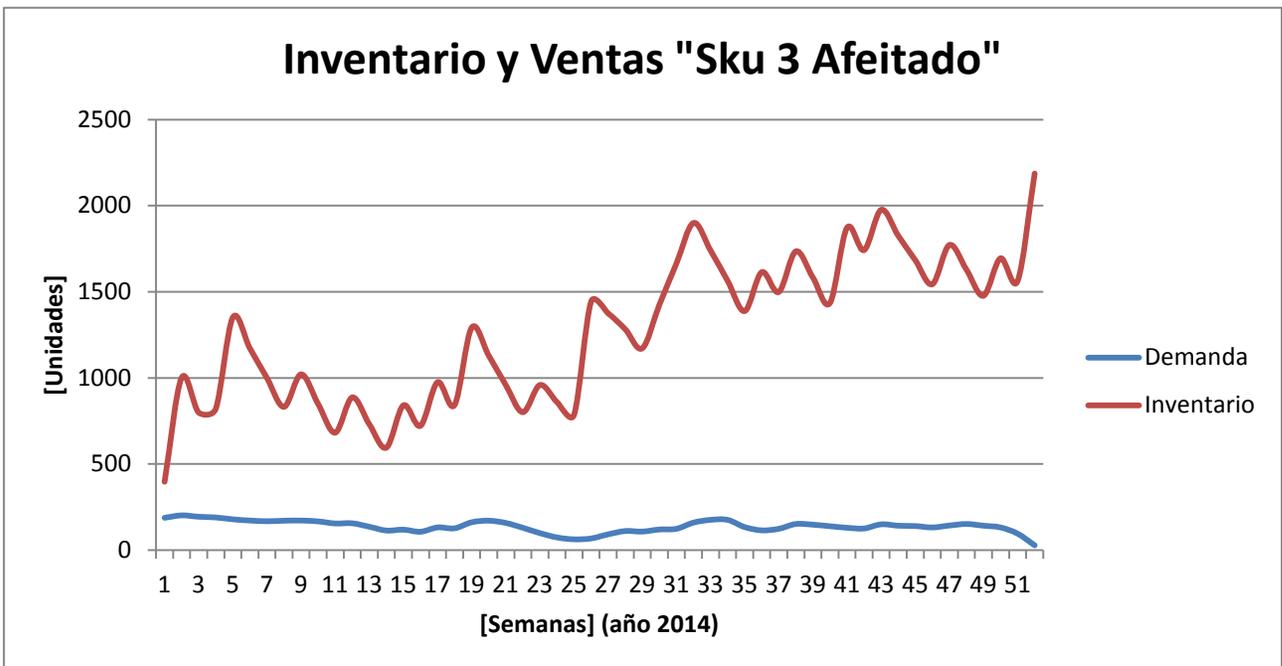


Ilustración 9.3: Inventario y ventas "Sku 3 afeitado"

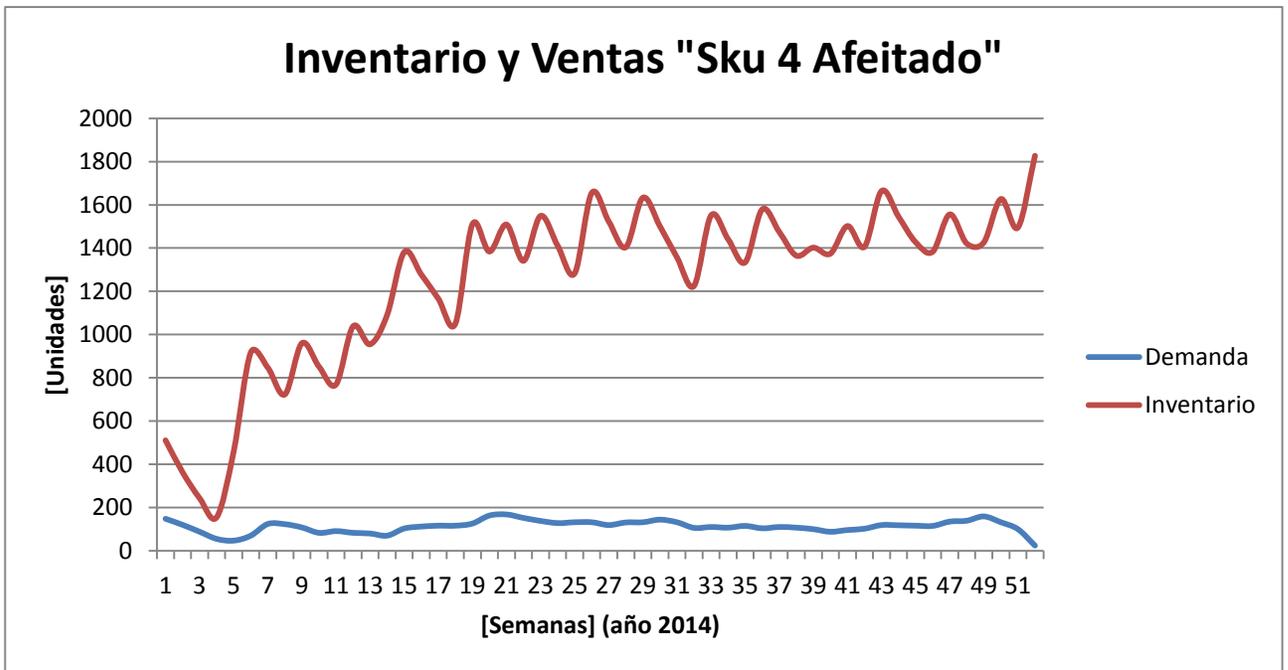


Ilustración 9.4: Inventario y ventas "Sku 4 afeitado"

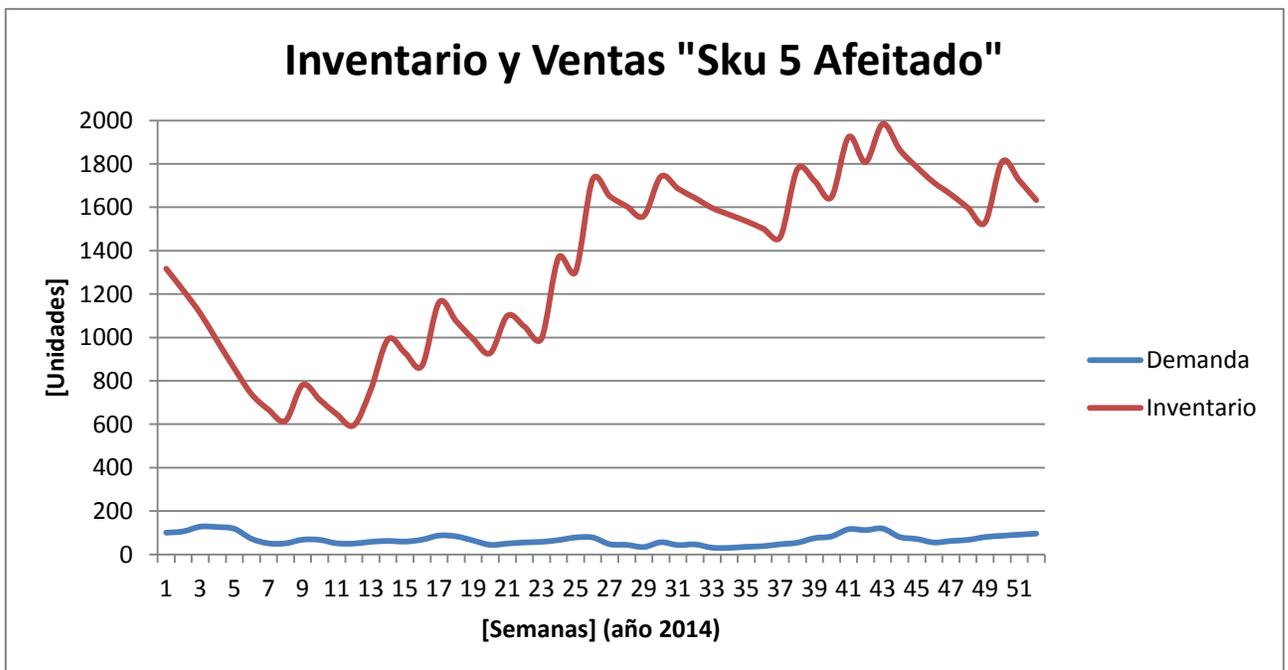


Ilustración 9.5: Inventario y ventas "Sku 5 Afeitado"

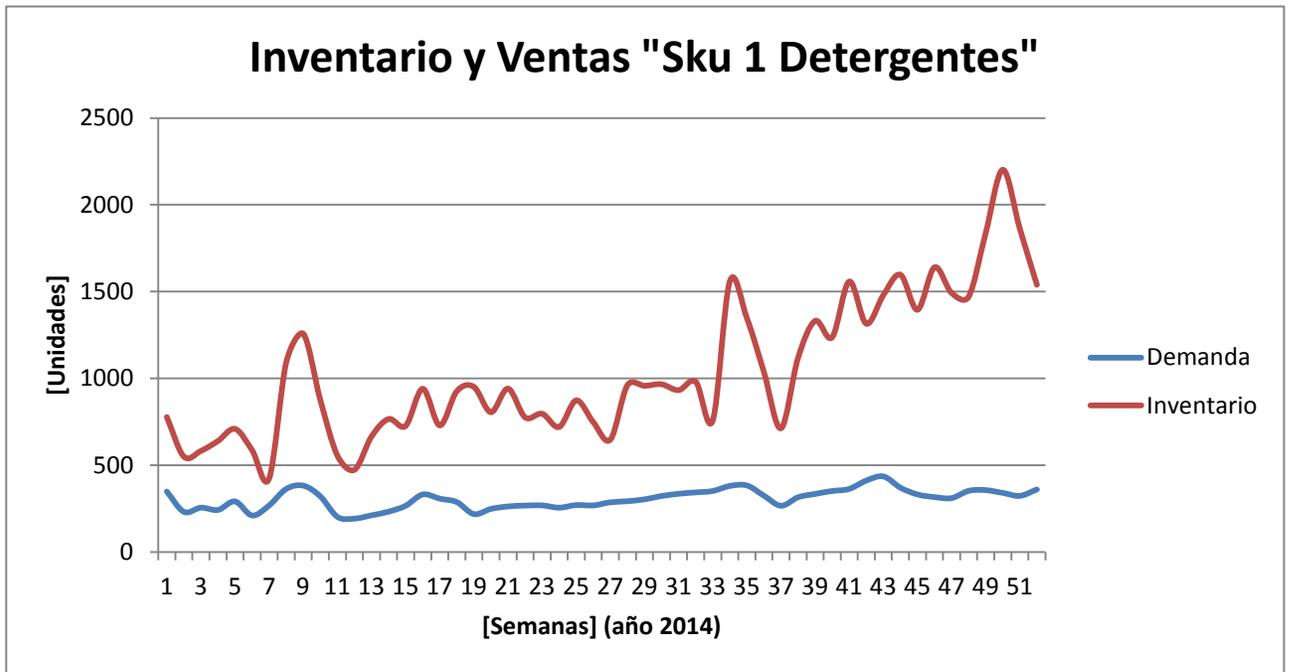


Ilustración 9.6: Inventario y ventas "Sku 1 Detergentes"

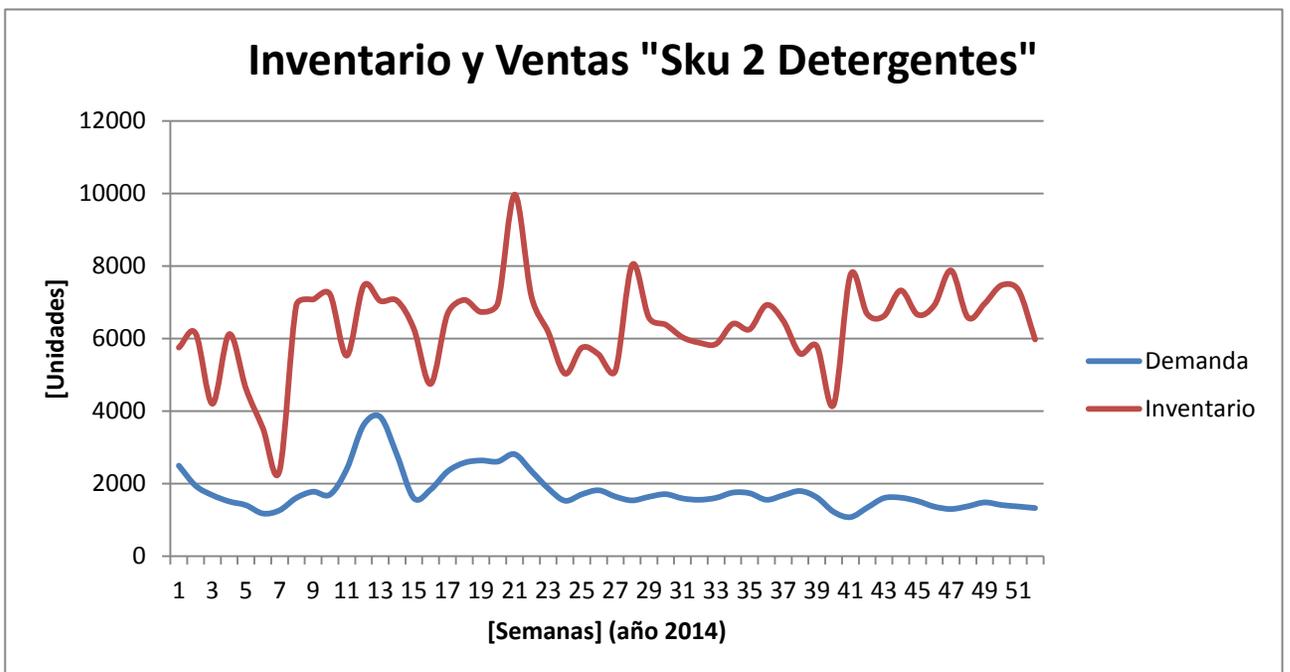


Ilustración 9.7: Inventario y ventas "Sku 2 Detergentes"

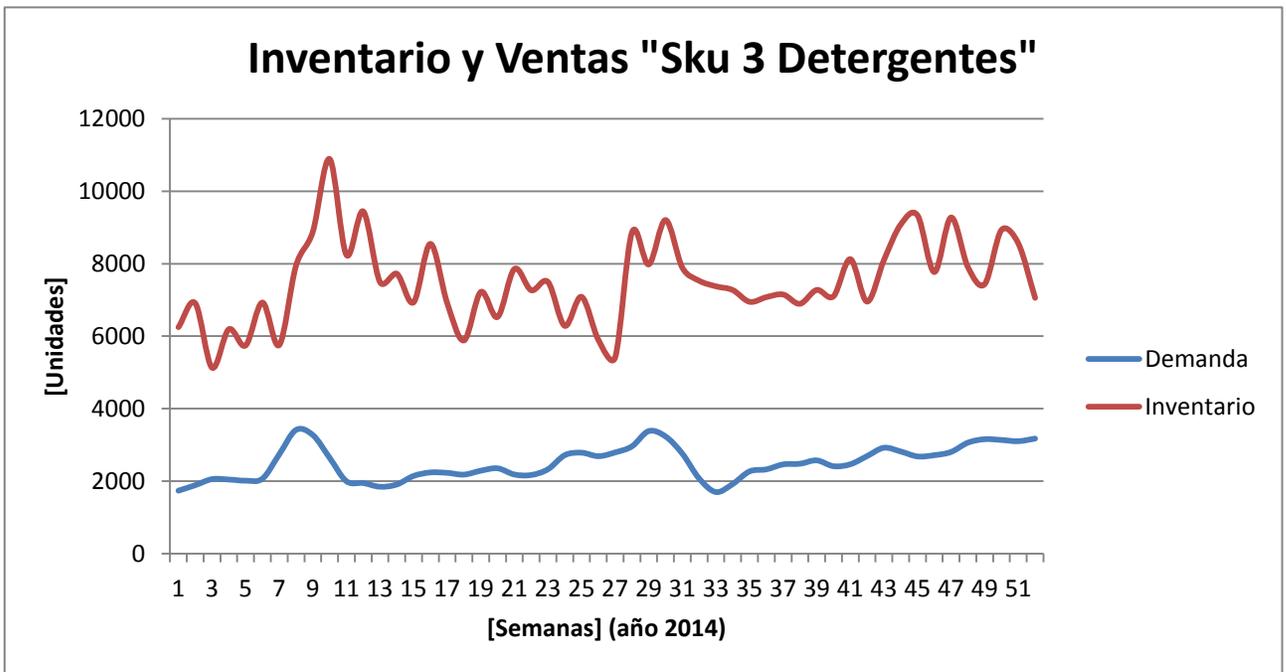


Ilustración 9.8: Inventario y ventas "Sku 3 Detergentes"

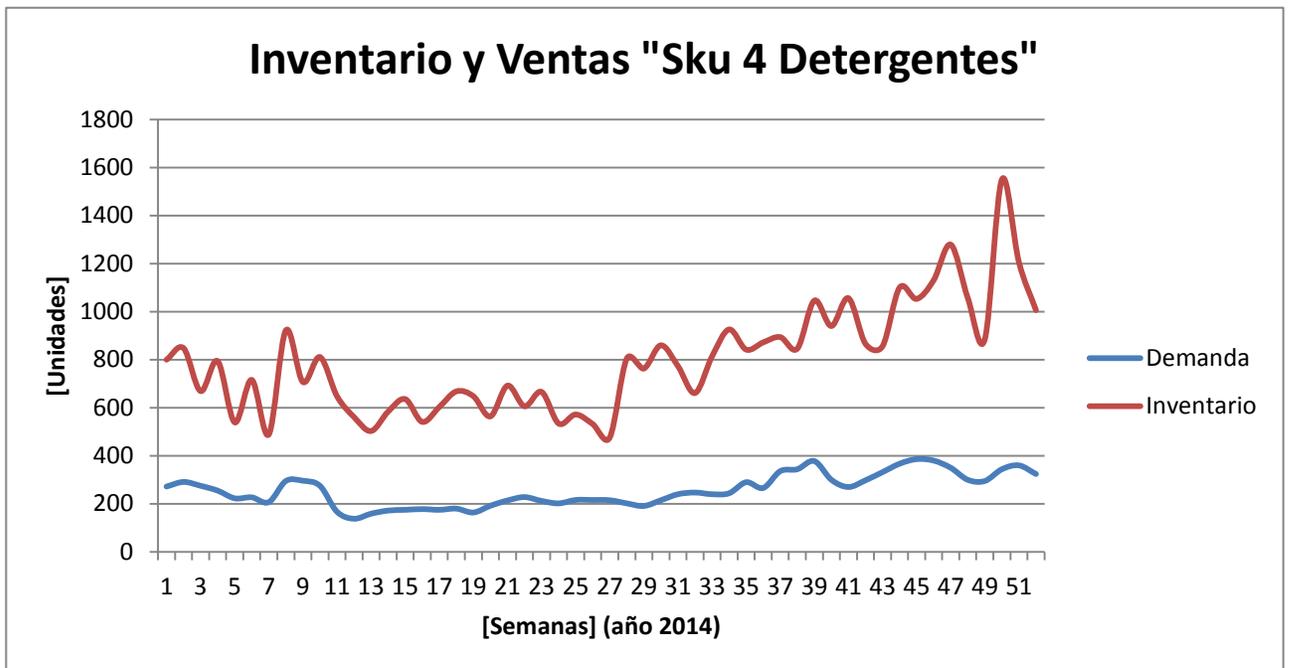


Ilustración 9.9: Inventario y ventas "Sku 4 Detergentes"

Producto	Inventario Promedio [Unidades]	Inventario Promedio [\$]
"Sku 1 Afeitado"	565	\$3.539.160
"Sku 2 Afeitado"	333	\$1.328.270
"Sku 3 Afeitado"	1.271	\$8.246.248
"Sku 4 Afeitado"	1.247	\$5.478.819
"Sku 5 Afeitado"	1.331	\$10.675.685
"Sku 1 Detergentes"	1.035	\$11.129.976
"Sku 2 Detergentes"	6.321	\$68.732.026
"Sku 3 Detergentes"	7.499	\$62.967.603
"Sku 4 Detergentes"	797	\$5.104.626
Total	20.399	\$177.202.413

Tabla 9.2: Inventario promedio

Producto	Venta Promedio Semanal [Unidades]	Venta Promedio Semanal [\$]
"Sku 1 Afeitado"	105	\$657.720
"Sku 2 Afeitado"	78	\$311.126
"Sku 3 Afeitado"	138	\$895.344
"Sku 4 Afeitado"	112	\$492.083
"Sku 5 Afeitado"	69	\$553.435
"Sku 1 Detergentes"	305	\$3.279.848
"Sku 2 Detergentes"	1.810	\$19.681.216
"Sku 3 Detergentes"	2.501	\$21.000.397
"Sku 4 Detergentes"	256	\$1.639.629
Total	5.374	\$48.510.798

Tabla 9.3: Venta promedio semanal

En base a los gráficos, se observa que la demanda de los artículos estudiados manifiesta un comportamiento relativamente constante a lo largo del año, sin *peaks* de ventas a fin de mes. Esto difiere con el comportamiento general de las ventas a nivel cadena, las cuales muestran un auge importante la última semana de cada mes.

Por otro lado, los niveles de inventario sufren fuertes variaciones a lo largo del tiempo, difiriendo completamente con el comportamiento de la demanda. Además, es claro que son bastante superiores a las ventas para cada *sku*, especialmente en los artículos de afeitado.

Esto último denota la actual ineficiencia de los *stocks* y la necesidad de un método formal que permita administrarlos.

9.2. Días de Inventario (DOH)

Subcategoría	DOH [Días]
Afeitado	70
Detergentes	23

Tabla 9.4: DOH subcategorías

Producto	DOH [Días]
"Sku 1 Afeitado"	38
"Sku 2 Afeitado"	30
"Sku 3 Afeitado"	64
"Sku 4 Afeitado"	78
"Sku 5 Afeitado"	135
"Sku 1 Detergentes"	24
"Sku 2 Detergentes"	24
"Sku 3 Detergentes"	21
"Sku 4 Detergentes"	22
Total	26

Tabla 9.5: DOH productos

Como se mencionó en el capítulo 8, se observa la clara diferencia entre los días de inventario de los artículos de tipo afeitado respecto a los detergentes, donde los segundos rotan con mayor rapidez y muestran niveles de inventario más sanos.

En particular, los artículos "Sku 5 Afeitado", "Sku 4 Afeitado" y "Sku 3 Afeitado" poseen los índices de rotación más preocupantes, tomando en cuenta la frecuencia de pedidos permitida, los tiempos de entrega promedio de estos y que el costo de colocación de pedidos es constante, independiente de la cantidad de pedidos que se realicen. A modo de ejemplo, el "Sku 5 Afeitado" tiene un inventario promedio capaz de abastecer 135 días de venta; muy por sobre lo necesario, ya que puede solicitarse tres veces por semana y su tiempo de entrega promedio es de 1,68 días.

9.3. Nivel de Servicio

Producto	Nivel de Servicio [%]
"Sku 1 Afeitado"	100%
"Sku 2 Afeitado"	100%
"Sku 3 Afeitado"	100%
"Sku 4 Afeitado"	100%
"Sku 5 Afeitado"	100%
"Sku 1 Detergentes"	100%
"Sku 2 Detergentes"	100%
"Sku 3 Detergentes"	100%
"Sku 4 Detergentes"	100%
Promedio	100%

Tabla 9.6: Nivel de servicio

Como se observa en los gráficos, no se tuvo quiebres en el año 2014 para los artículos y sala comprendidos en el estudio. Esto quiere decir que se tuvo un nivel de servicio de un 100% en todos ellos, lo que se justifica principalmente por sus altos niveles de inventario.

Es importante recordar que este es uno de los principales indicadores para la cadena, debido a que un buen servicio en góndola es una de las bases de su estrategia de negocio: entregar un servicio de primera calidad a los consumidores y que estos últimos siempre tengan a su disposición el producto que desean llevar. Por esta razón, al desarrollar el sistema de pedidos se velará por mantener dicho indicador dentro de los rangos actuales.

9.4. Costo de Inventario

De las componentes del costo de inventario estudiadas en el capítulo 7.1.1., tomando en cuenta que el costo de colocación de pedidos es constante para la cadena, las relevantes para el caso de estudio son las siguientes: costo de mantenimiento (conformado por el costo de bodega, capital y obsolescencia) y costo de inexistencias.

En cuanto al costo de mantenimiento, para los *sku's* en estudio el proveedor se hace cargo del costo de bodega o almacenaje y el costo por obsolescencia: este le otorga un descuento logístico a la cadena con el objetivo de cubrirlos. A partir de esto, se desprenden dos consecuencias importantes para el manejo de los inventarios:

- La cadena no tiene problemas por obsolescencia de los productos, por lo que no tiene prisa en venderlos. Es decir, los artículos pueden permanecer en bodega por meses y en caso de vencer, el proveedor se hará cargo.
- Como el proveedor corre con el costo de almacenaje, la cadena puede tener tanto producto en bodega como desee. Es decir, no hay un tope para la cantidad de inventario.

Por otro lado, el costo de capital por *stock* inmovilizado corre por cuenta de la cadena: esta invierte dinero en artículos que no se venderán de inmediato, cuando podría estar rentando en otro activo.

Para determinar el costo actual de capital por inventario inmovilizado, es necesario en primer lugar calcular este último.

Producto	Inventario Inmovilizado Promedio [Unidades]	Inventario Inmovilizado Promedio [\$]	Inventario Inmovilizado Promedio [%]
"Sku 1 Afeitado"	460	\$2.881.440	81%
"Sku 2 Afeitado"	255	\$1.017.144	77%
"Sku 3 Afeitado"	1.133	\$7.350.904	89%
"Sku 4 Afeitado"	1.135	\$4.986.736	91%
"Sku 5 Afeitado"	1.262	\$10.122.250	95%
"Sku 1 Detergentes"	730	\$7.850.128	71%
"Sku 2 Detergentes"	4.511	\$49.050.810	71%
"Sku 3 Detergentes"	4.998	\$41.967.206	67%
"Sku 4 Detergentes"	541	\$3.464.997	68%
Total	15.025	\$128.691.614	74%

Tabla 9.7: Inventario inmovilizado promedio

Observando la tabla 9.7, se ve que un 74% de los inventarios corresponde a *stock* inmovilizado. Este resultado es preocupante, ya que denota que $\frac{3}{4}$ de los inventarios corresponden a productos que no se venderán de inmediato.

Por otro lado, utilizando la tasa de descuento del sector supermercados (9,6% anual), el costo de oportunidad anual por sobre *stock* para los *sku's* y sala estudiados es de \$12.354.395.

Respecto al costo de inexistencias, actualmente es nulo para la sala y productos de estudio, debido a que, como se menciona en el capítulo 9.3., no se tuvieron quiebres en el año 2014 para los artículos analizados.

10. Estimación Merma

Una dificultad importante que deben enfrentar los supermercados es la “demanda ficticia” de sus productos, también conocida como merma o “diferencias de inventario”. Estas últimas se generan por robo y deterioro de los artículos y tal como lo indica su nombre, se transforman en una especie de demanda para el *retailer*, al igual que la demanda real proveniente de la compra de los consumidores.

Por lo anterior, se debe tener en consideración la merma como un tipo de demanda a la hora de administrar los inventarios.

Para calcular la merma de los artículos y sala estudiados, se hicieron visitas semanales durante el mes de noviembre del 2014 (semanas 45-48) y se utilizó la fórmula que se muestra a continuación:

$$Merma_t = I_t + P_t - D_t - I_{t+1} \quad (25)$$

Con esto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Producto	Diferencias de Inventario [Unidades]					
	Sem 45	Sem 46	Sem 47	Sem 48	Promedio [Unidades]	Promedio [%]
"Sku 1 Afeitado"	10	0	32	46	22	4%
"Sku 2 Afeitado"	35	4	2	55	24	7%
"Sku 3 Afeitado"	27	29	13	86	39	3%
"Sku 4 Afeitado"	0	89	36	112	59	5%
"Sku 5 Afeitado"	79	25	46	104	64	5%
"Sku 1 Detergentes"	0	0	8	0	2	0%
"Sku 2 Detergentes"	0	0	0	0	0	0%
"Sku 3 Detergentes"	2	0	3	0	1	0%
"Sku 4 Detergentes"	0	5	0	6	3	0%

Tabla 10.1: Diferencias de inventario

Observando la tabla, se valida la hipótesis del capítulo 8, la cual sostiene que la subcategoría detergentes posee índices de merma inferiores a los de la subcategoría afeitado. Por otro lado, es claro que la merma aumenta sustancialmente a fin de mes.

Estos resultados constituyen la merma o demanda ficticia. Al agregarla con la demanda real, es posible conocer la demanda total que enfrenta la sala para cada *sku*.

Debido al tiempo que involucra llevar a cabo el método utilizado para estimar la merma, se recomienda hacer el estudio de esta última una vez al año y fijar los valores obtenidos hasta su próxima revisión.

Por otro lado, es importante mencionar que los índices de robo varían de forma importante en las distintas salas de la cadena, siendo el factor preponderante la zona geográfica en la que se ubica cada una de ellas. Por esta razón, la estimación de merma de una sala no es necesariamente válida para otra y es recomendable calcularla de forma aislada para cada tienda.

Finalmente, a pesar de que se dejará fuera de los alcances de este estudio, cabe destacar que los datos obtenidos podrían ser muy útiles para realizar un potencial plan anti merma para la sala, teniendo en consideración su marcada estacionalidad.

11. Desarrollo del Modelo

Tanto la estimación de demanda futura como la administración de los inventarios fueron trabajadas en Excel, con el objetivo de simplificar su posterior utilización para la cadena estudiada.

11.1. Pronóstico de la Demanda Futura

En base a la revisión bibliográfica se decidió trabajar con pronósticos basados en series de tiempo para estimar la demanda, debido a que se consideran bastante precisos, se cuenta con la data necesaria para desarrollarlos y no muestran grandes dificultades en su implementación.

Utilizando como *input* la data histórica de ventas semanales de la cadena del año 2014 para los artículos y sala estudiados, se probaron los distintos modelos expuestos en el marco teórico. Para elegir uno de ellos, se impuso como primera restricción que este tuviera un MAPE bajo un 30% para todos los productos estipulados. De no ser así, el modelo se consideraría sesgado y no entregaría un pronóstico futuro confiable.

De los modelos estudiados se eligió el método de Holt Winters (ecuación (20)), debido a que es el más completo de todos los basados en series de tiempo, ya que es capaz de capturar componentes como tendencia y estacionalidad.

Para encontrar los valores óptimos de sus constantes, se definió el parámetro de estacionalidad L y con Solver, se buscaron los valores de α , δ y γ que minimizaran el MSE, respetando las restricciones $0 < \alpha, \delta, \gamma < 1$.

A pesar de que el modelo mostró resultados satisfactorios en cuanto al MAPE, surgió un imprevisto a la hora de elegir los valores iniciales para la componente de estacionalidad. Las dos formas más utilizadas para determinarlos son las siguientes:

$$R_t = \frac{D_t}{F_t} \text{ con } (1 \leq t \leq L) \quad (26)$$

$$R_t = \frac{D_t}{\frac{\sum_{i=1}^L D_i}{n}} \text{ con } (1 \leq t \leq L) \quad (27)$$

Con

R_t = Estacionalidad suavizada exponencialmente para el período t .

D_t = Demanda observada en el período t .

F_t = Pronóstico para el período t .

L = Largo de la estacionalidad.

n = Número de períodos pronosticados.

Probando con ambas formas por separado, el modelo arrojó porcentajes de error diferentes para cada una de ellas.

Producto	MAPE Forma 1 [%]	MAPE Forma 2 [%]
"Sku 1 Afeitado"	12,71%	14,90%
"Sku 2 Afeitado"	13,72%	21,01%
"Sku 3 Afeitado"	16,41%	17,10%
"Sku 4 Afeitado"	16,97%	26,45%
"Sku 5 Afeitado"	17,35%	23,66%
"Sku 1 Detergentes"	9,88%	13,73%
"Sku 2 Detergentes"	12,57%	16,25%
"Sku 3 Detergentes"	8,00%	9,43%
"Sku 4 Detergentes"	9,59%	9,78%
Promedio	13,02%	16,92%

Tabla 11.1: MAPE pronósticos de demanda

En línea con el objetivo de obtener el menor error de pronóstico posible, se optó por elegir la forma 1 para correr los modelos en el futuro.

Por otra parte, como se mencionó anteriormente, el pronóstico de demanda se consideraría confiable si es que arrojara un MAPE menor a un 30%. Observando la tabla, se ve que el mayor error de pronóstico lo muestra el "Sku 5 Afeitado" con un MAPE de un 17,35%, por lo que se considera que el modelo elegido es adecuado para los productos y sala seleccionados.

A continuación se muestra la comparación entre el pronóstico y la demanda real de cada *sku*.

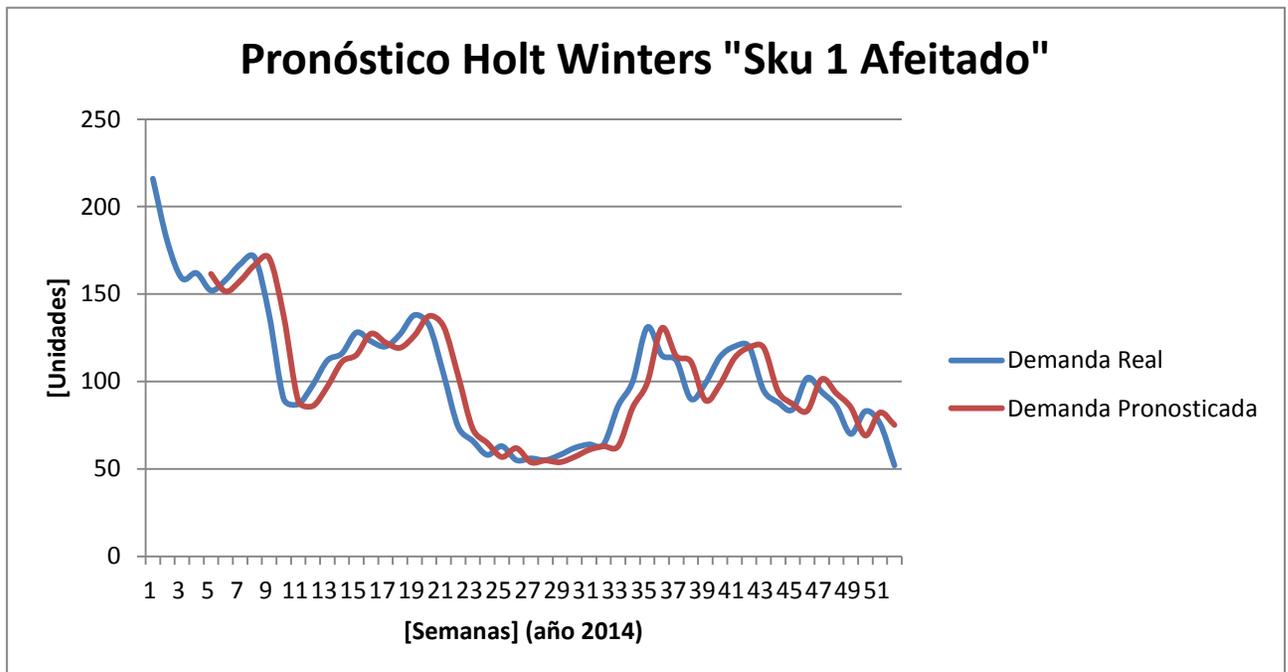


Ilustración 11.1: Pronóstico Holt Winters "Sku 1 Afeitado"

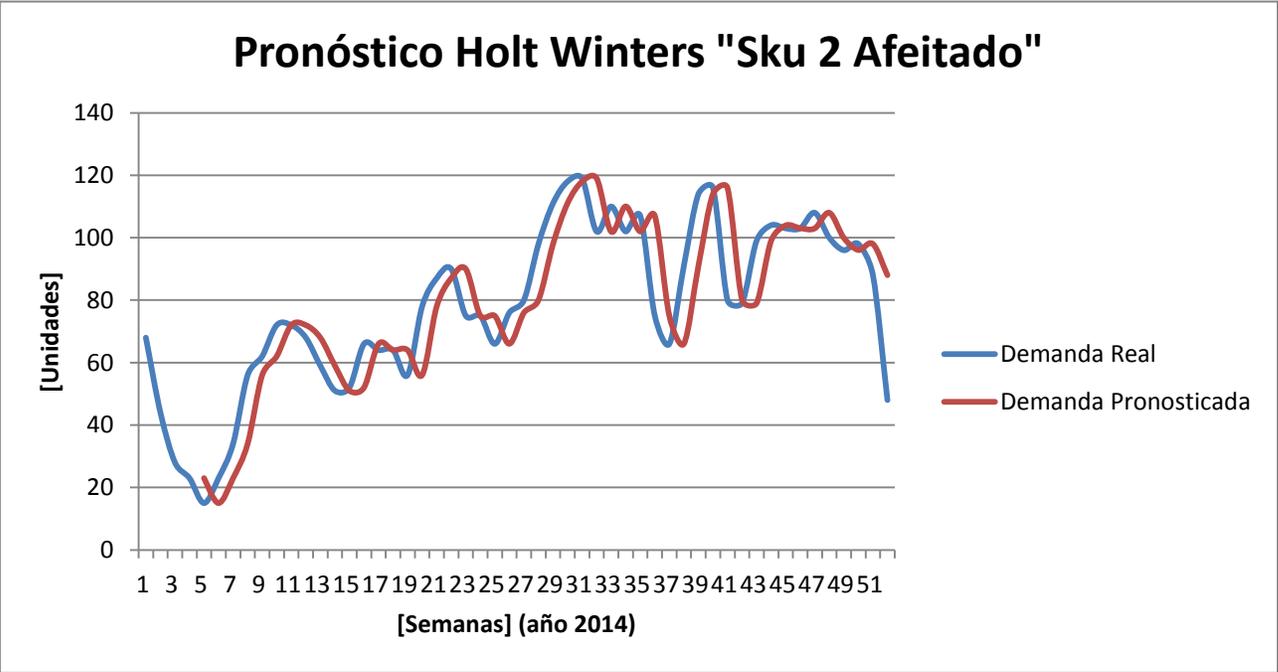


Ilustración 11.2: Pronóstico Holt Winters "Sku 2 Afeitado"

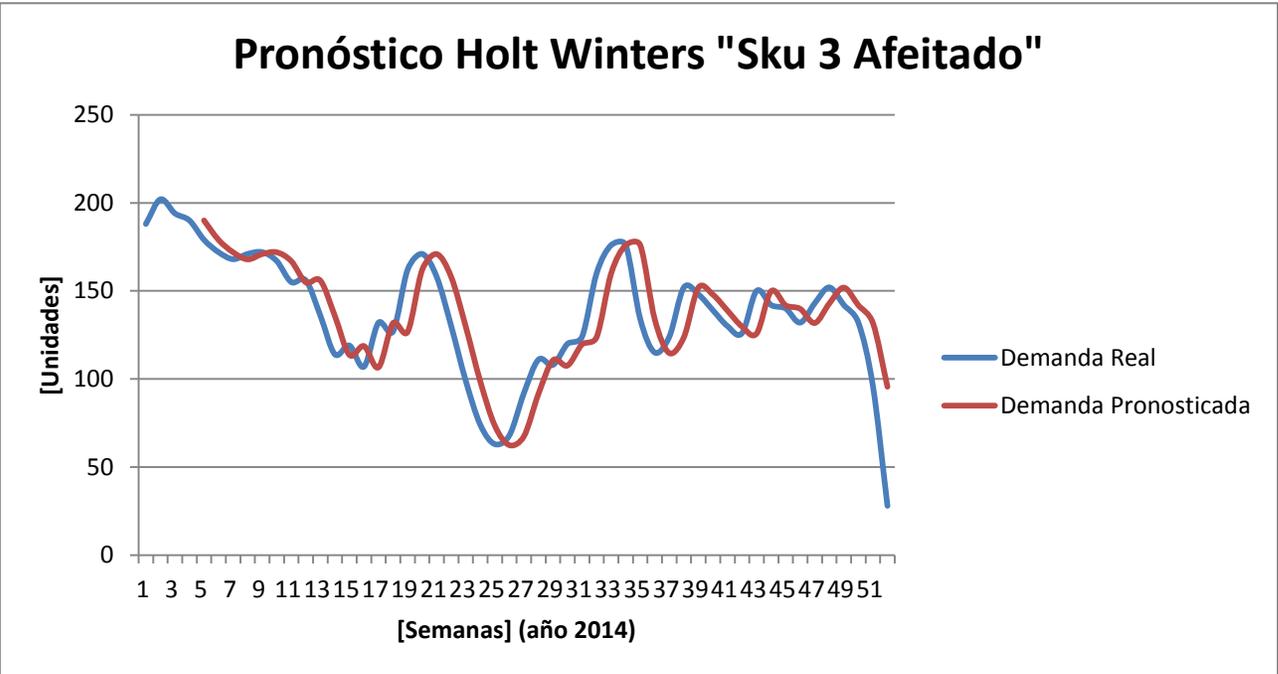


Ilustración 11.3: Pronóstico Holt Winters "Sku 3 Afeitado"

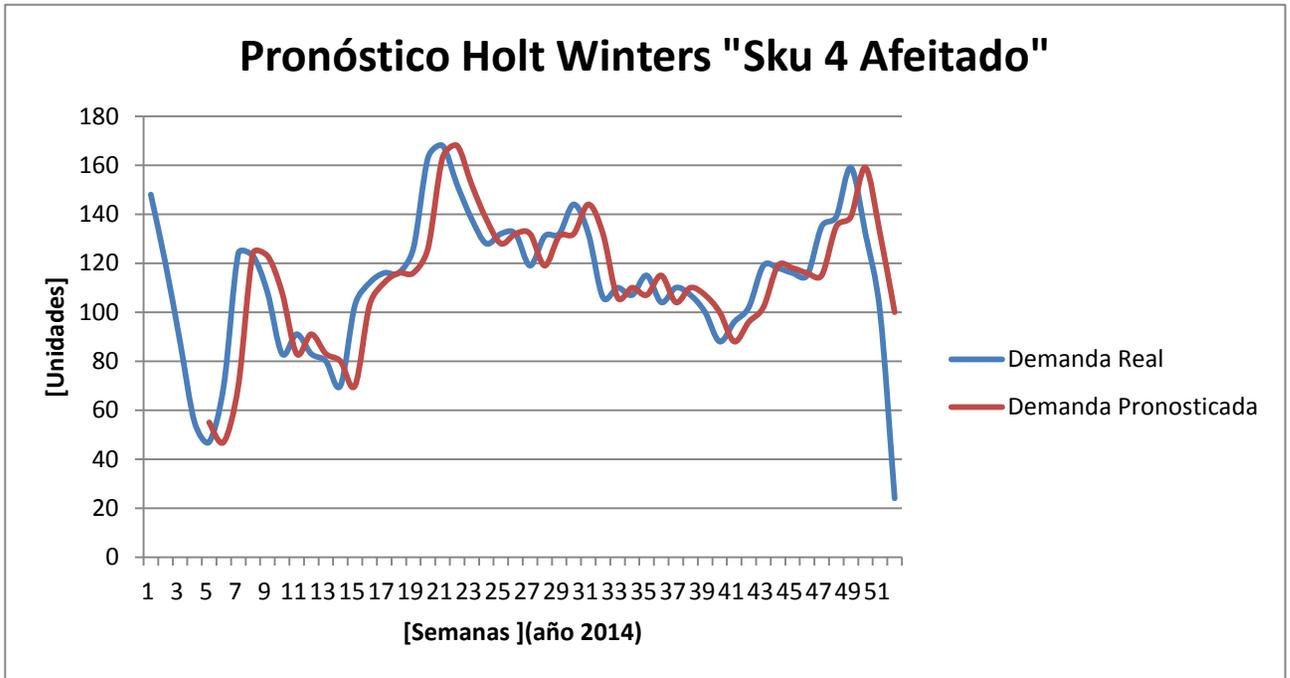


Ilustración 11.4: Pronóstico Holt Winters "Sku 4 Afeitado"

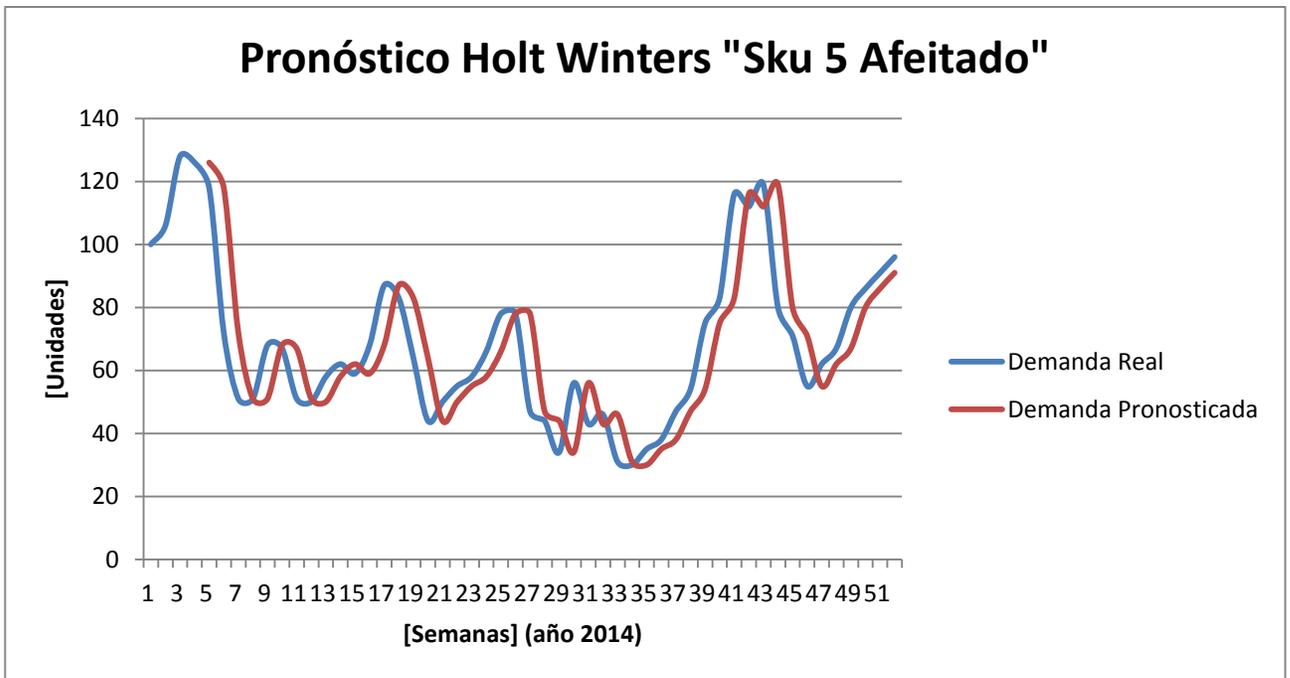


Ilustración 11.5: Pronóstico Holt Winters "Sku 5 Afeitado"

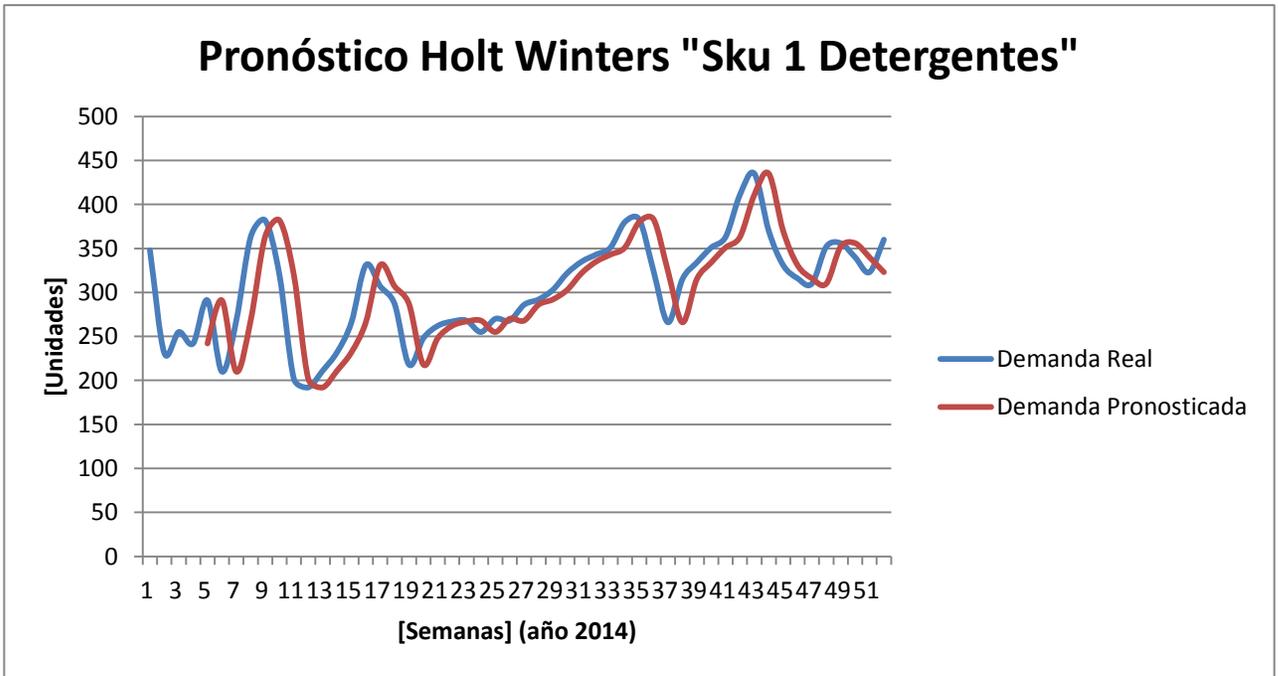


Ilustración 11.6: Pronóstico Holt Winters "Sku 1 Detergentes"

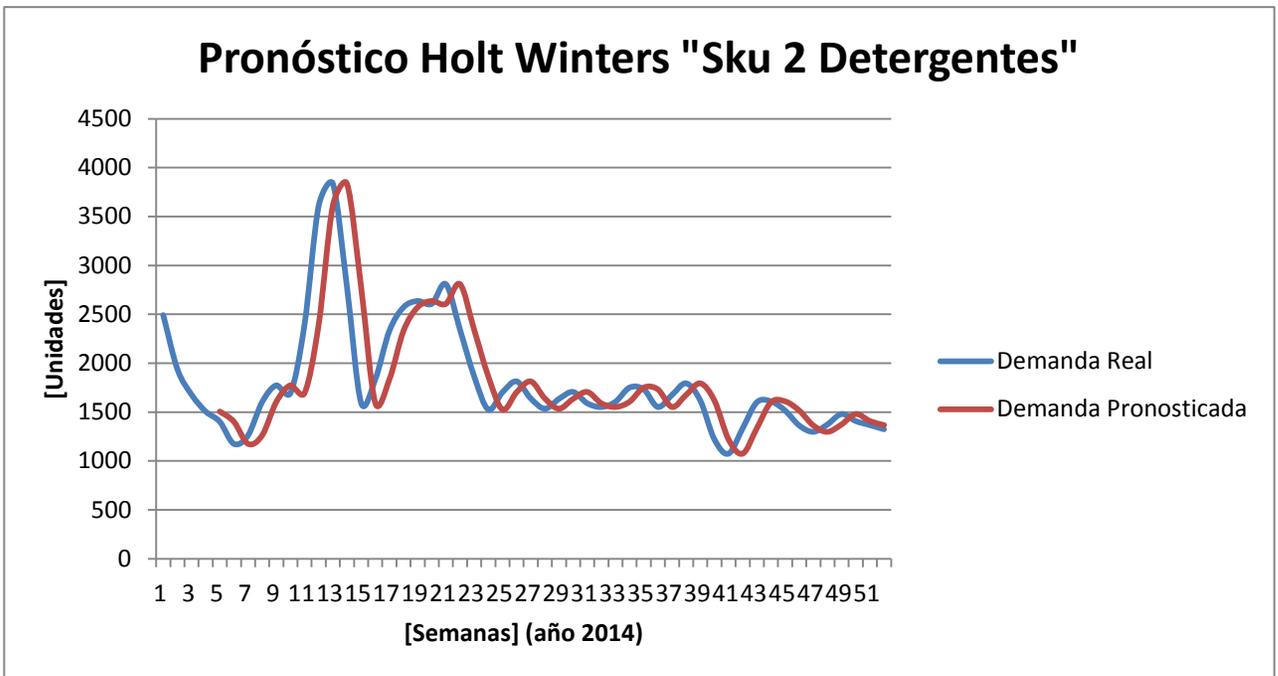


Ilustración 11.7: Pronóstico Holt Winters "Sku 2 Detergentes"

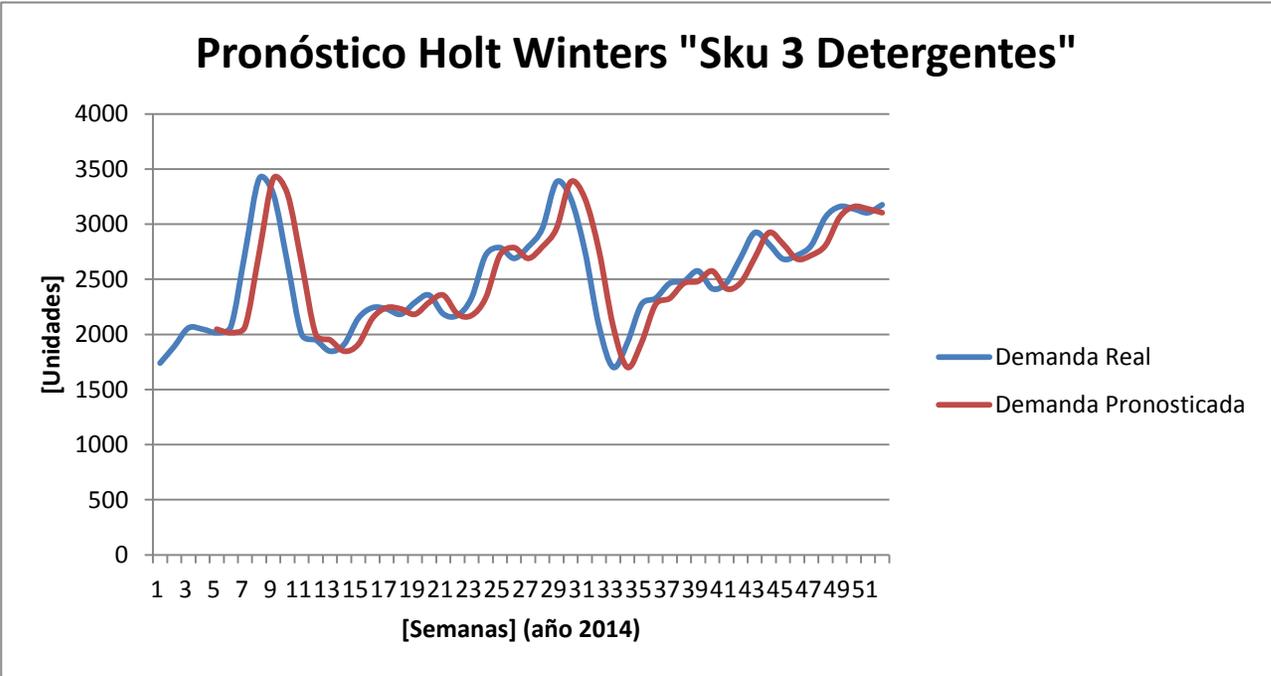


Ilustración 11.8: Pronóstico Holt Winters "Sku 3 Detergentes"

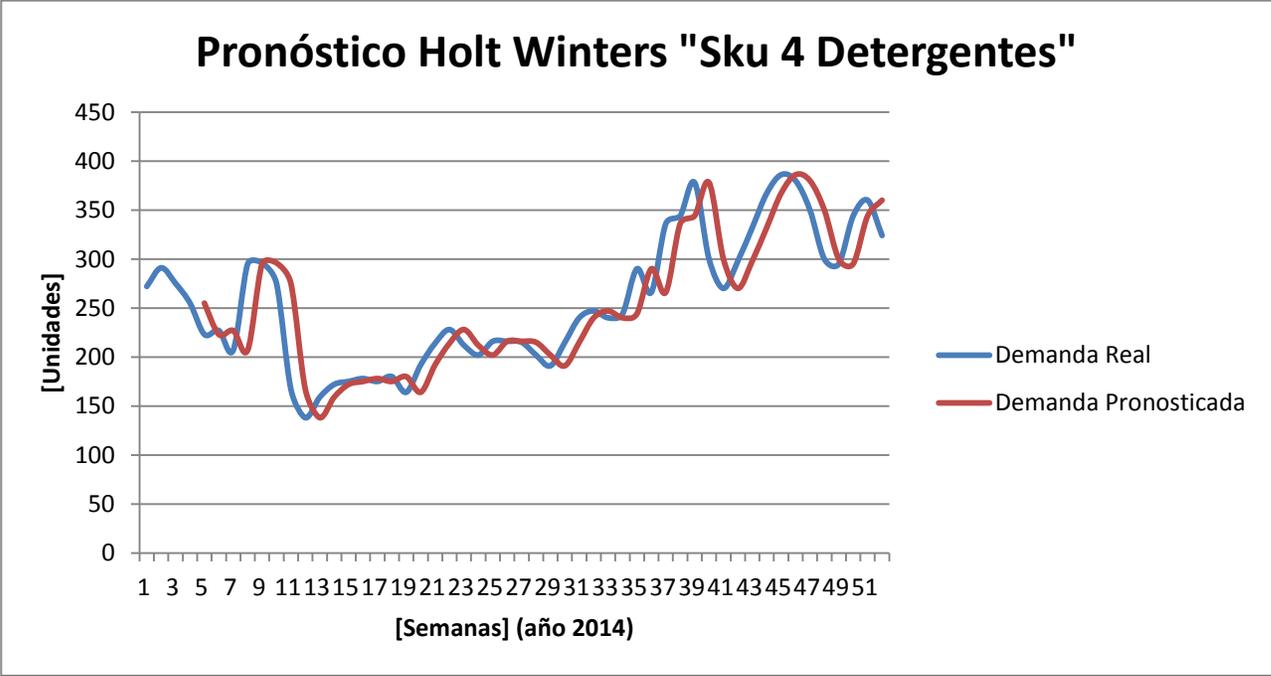


Ilustración 11.9: Pronóstico Holt Winters "Sku 4 Detergentes"

11.2. Sistema de Manejo de Inventario

Previo a elegir la forma de administrar los inventarios de la sala, es necesario recordar algunos aspectos clave de su política de pedidos:

- La sala hace una revisión de los *stocks* existentes y realiza pedidos para cada *sku* hasta alcanzar los niveles de inventario deseados. Estos últimos son definidos en el momento y sin un fundamento matemático que los respalde.
- Los productos de tipo afeitado se clasifican como valiosos y la sala estudiada puede realizar pedidos de estos tres días fijos a la semana.
- Los productos de tipo detergentes se clasifican como normales y la sala puede realizar pedidos de estos todos los días de lunes a sábado.
- A pesar de las ventanas establecidas para que la sala realice pedidos, en la práctica estos últimos se realizan con una frecuencia bastante menor. Por esta razón, con el objetivo de optimizar recursos, la cadena ha estipulado que se revisarán los niveles de inventario una vez a la semana y en estas mismas ventanas de tiempo se tendrá la facultad de hacer pedidos de productos, ya sean normales o valiosos.
- El costo de colocación de pedido es independiente del número de pedidos realizados y la cantidad de unidades que los conformen.
- No existen descuentos asociados al tamaño del pedido.

De lo anterior, se desprende que la forma de realizar pedidos de la cadena es análoga a la utilizada mediante un sistema de manejo de inventarios basado en una revisión periódica.

Por esta razón, este último se utilizará como modelo matemático para la gestión de inventario de la empresa.

Como se dijo en el capítulo 7.2.3., el sistema de revisión periódica observa la posición de existencia de un *sku* en intervalos de tiempo P fijos y realiza un pedido que permita llegar a un nivel de inventario objetivo T . Este último debe cubrir la demanda estimada durante el intervalo de tiempo $P + L$, con P el período desde la revisión actual hasta la siguiente revisión y L el tiempo de entrega del pedido realizado en la siguiente revisión.

Por otro lado, en cada revisión el sistema pedirá la diferencia entre el inventario objetivo T y la posición de existencia actual.

$$Q_t = \begin{cases} T_t - I_t - Tr_t & \text{si } T_t - I_t - Tr_t > 0 \\ 0 & \text{si } T_t - I_t - Tr_t \leq 0 \end{cases} \quad (28)$$

Con

Q_t = Pedido a realizar en el período t .
 T_t = Inventario objetivo en el período t .
 I_t = Inventario existente en el período t .
 Tr_t = Pedido en tránsito en el período t .

Por su parte, el inventario objetivo se define de la siguiente forma:

$$T_t = m'_t + df'_t + s'_t \quad (29)$$

Con

m'_t = Demanda pronosticada en t para el período $P + L$.
 df'_t = Demanda ficticia pronosticada en t para el período $P + L$.

s_t' = Inventario de seguridad deseado para el período t .

Cabe destacar que se utilizará la demanda pronosticada en t para el período $P + L$, a diferencia del modelo tradicional que utiliza la demanda promedio en t para el período $P + L$. Además, se agregará la demanda resultante de la merma, la cual no es considerada por el modelo clásico.

Respecto al inventario de seguridad s_t' , este se define como:

$$s_t' = z\sigma' \quad (30)$$

Con

z = Factor de seguridad.

σ' = Desviación estándar durante el período $P + L$.

Para calcular esta última, se deben tener en consideración dos variables importantes que influyen en el *stock* de seguridad necesario para un producto: la variabilidad de la demanda y la variabilidad en los tiempos de entrega de los pedidos. Por esta razón, se utilizará una desviación estándar conjunta que tome en cuenta ambos factores:

$$\sigma' = \sqrt{\mu_d^2 \sigma_L^2 + (\mu_L + P)\sigma_d^2} \quad (31)$$

Con

μ_d = Promedio histórico de la demanda durante el período $P + L$.

σ_L = Desviación estándar histórica del tiempo de entrega L .

μ_L = Promedio histórico del tiempo de entrega L .

P = Período entre revisiones de la posición de existencia.

σ_d = Desviación estándar histórica de la demanda.

11.2.1. Obtención de las Variables

Para desarrollar el modelo de pedidos elegido, lo principal es encontrar las variables que definirán el inventario T .

- La variable m_t' (demanda pronosticada en t para el período $P + L$) será obtenida en cada revisión de los inventarios mediante el pronóstico de demanda desarrollado en el capítulo 11.1.
- La variable df_t' (demanda ficticia pronosticada en t para el período $P + L$) se calculará a través del método descrito en el capítulo 10.
- El período P , como se dijo anteriormente, será de una semana.
- Como se mencionó en el capítulo 9, para estimar el tiempo de entrega de pedidos L se realizó un análisis estadístico de los tiempos de entrega históricos del año 2014 y se obtuvieron los siguientes resultados:

Promedio [Semanas]	Desviación Estándar [Semanas]
0,24	0,03

Tabla 11.2: Promedio y desviación estándar tiempos de entrega

Observando la tabla, se ve que los tiempos de entrega son bastante estables (poseen una baja variabilidad). Esta cualidad es particularmente positiva para el manejo de los inventarios de la sala, debido a que una alta variabilidad de los tiempos de entrega implica fijar un factor de seguridad más alto, reduciendo la eficiencia de los *stocks*.

- Para determinar el inventario de seguridad s_i' es necesario definir el factor de seguridad z y determinar σ' (desviación estándar durante el período $P + L$).

Respecto al primer término, este representa la variabilidad de la demanda que podrá cubrirse con el inventario de seguridad.

Recordando la condición de la empresa acerca de mantener un nivel de servicio igual o sobre un 99%, se debe encontrar el factor z que entregue un *stock* de seguridad lo suficientemente robusto para cumplir con este requerimiento. En base a modelos de intervalos de confianza [10], utilizando una tabla de distribución normal estandarizada, el factor z capaz de mantener el nivel de servicio estipulado corresponde a 2,33.

En cuanto a σ' , para calcularlo se utilizó como base la data histórica del 2014 de tiempos de entrega y de la demanda de los productos y sala estudiados.

Finalmente, se obtuvieron los siguientes resultados de s' para cada *sku*:

Producto	$\mu_d(P + L)$	σ_d	μ_L	σ_L	σ'	z	s'
"Sku 1 Afeitado"	130	38	0,24	0,03	42,17	2,33	98
"Sku 2 Afeitado"	96	27	0,24	0,03	29,78	2,33	69
"Sku 3 Afeitado"	171	35	0,24	0,03	39,60	2,33	92
"Sku 4 Afeitado"	139	28	0,24	0,03	31,88	2,33	74
"Sku 5 Afeitado"	86	26	0,24	0,03	28,61	2,33	67
"Sku 1 Detergentes"	378	56	0,24	0,03	63,85	2,33	149
"Sku 2 Detergentes"	2.245	574	0,24	0,03	643,02	2,33	1.498
"Sku 3 Detergentes"	3.102	461	0,24	0,03	521,94	2,33	1.216
"Sku 4 Detergentes"	318	67	0,24	0,03	74,96	2,33	175

Tabla 11.3: *Stock* de seguridad s'

12. Resultados del Modelo

En la siguiente sección se hace una comparación entre el inventario histórico del 2014 y el que se habría tenido de haber utilizado el modelo para cada *sku*. Dicha comparación considera el período de tiempo comprendido entre las semanas 5 y 52, debido a que los datos de ventas de las primeras 4 semanas se utilizaron para desarrollar el pronóstico de demanda de las semanas posteriores.

Posteriormente, se hace un análisis de los indicadores de desempeño resultantes de los inventarios arrojados por el modelo.

12.1. Inventario Histórico vs. Inventario Propuesto por el Modelo

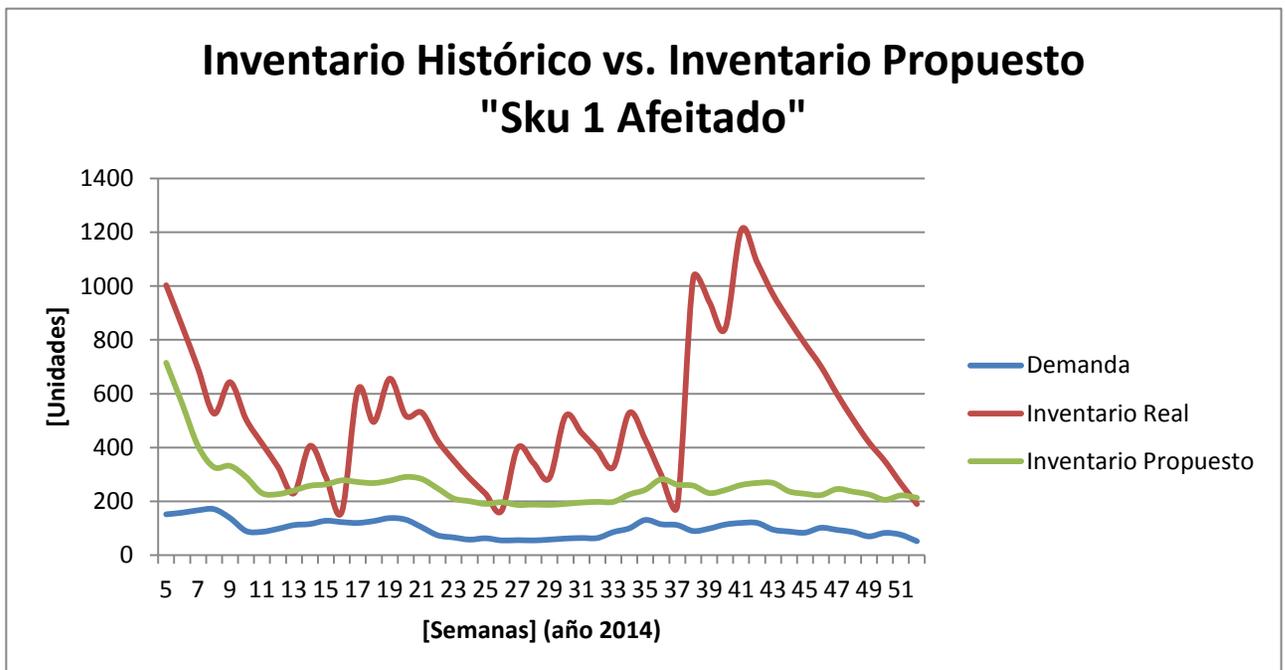


Ilustración 12.1: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 1 Afeitado"

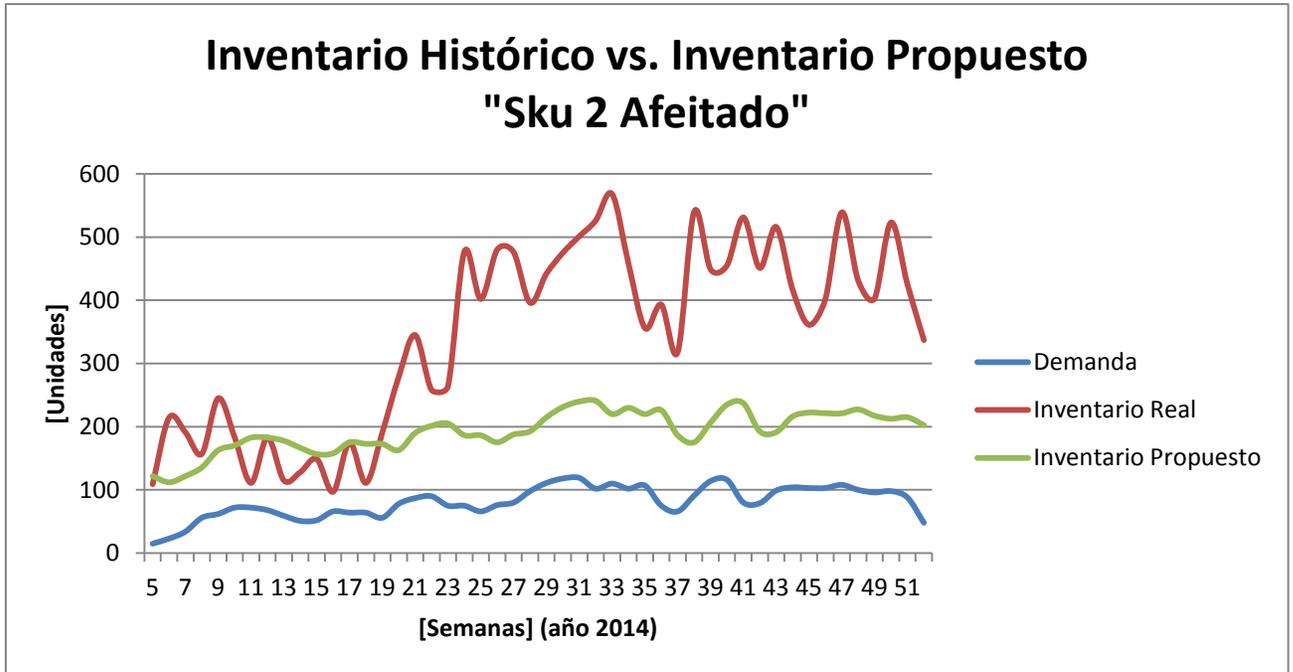


Ilustración 12.2: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 2 Afeitado"

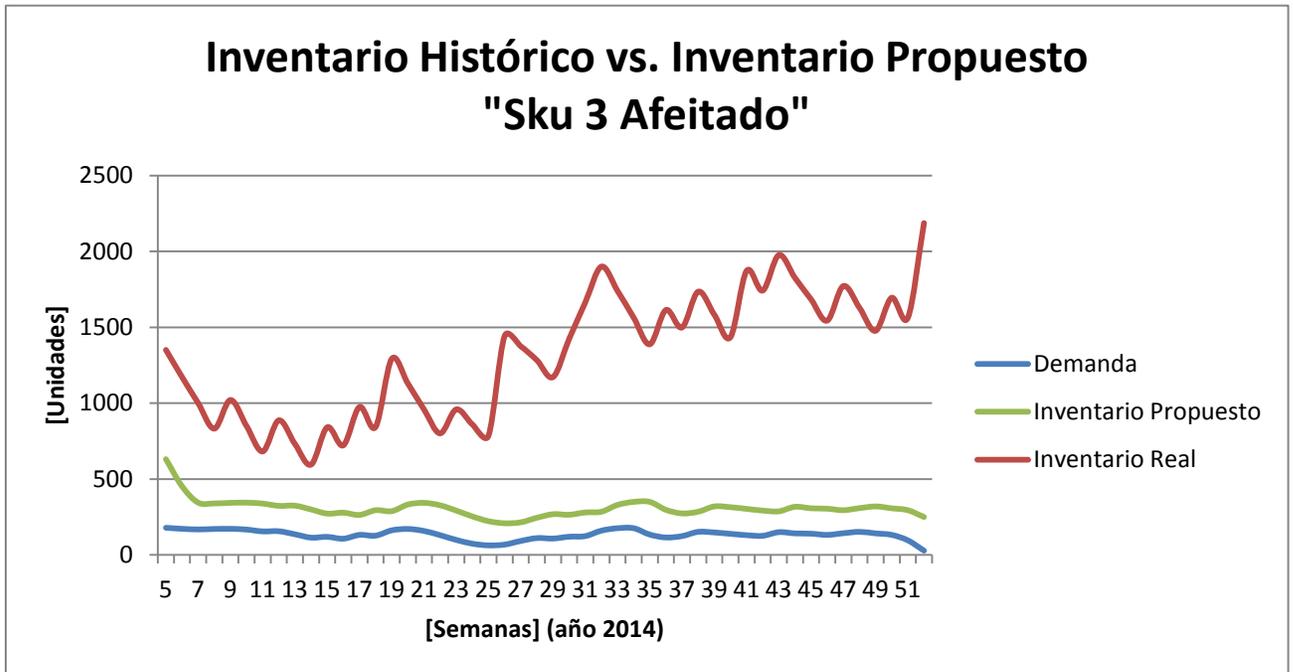


Ilustración 12.3: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 3 Afeitado"

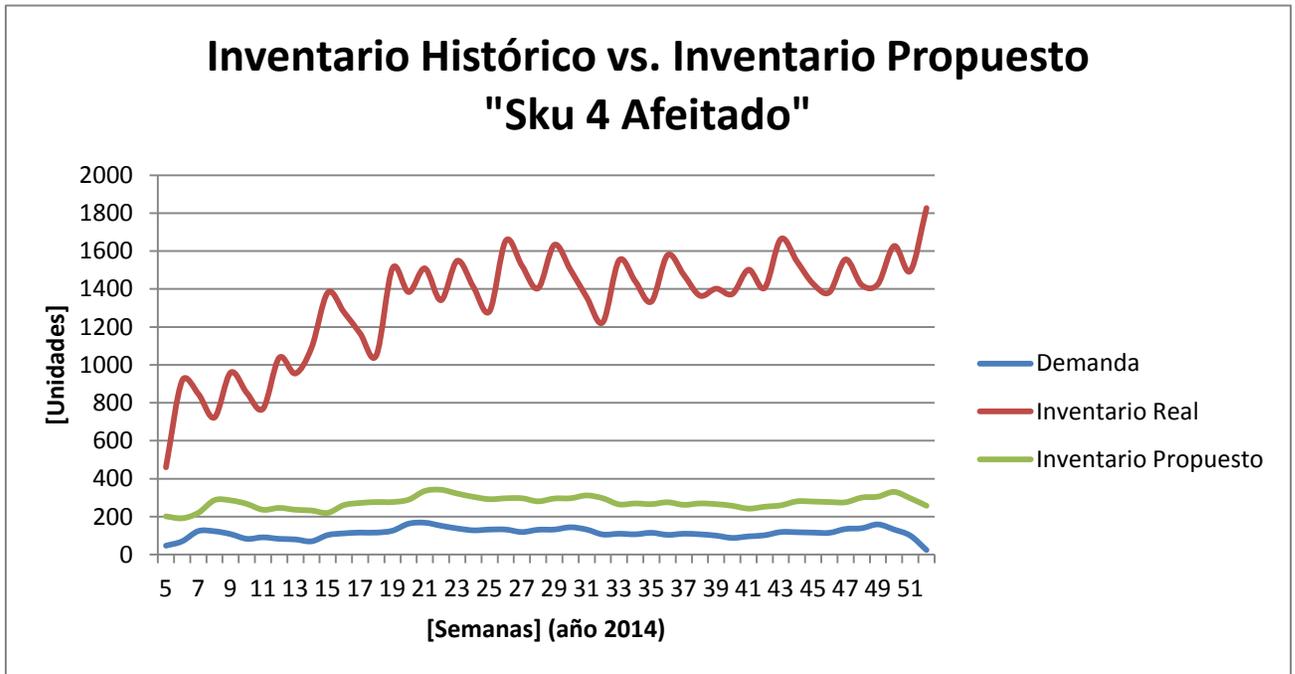


Ilustración 12.4: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 4 Afeitado"

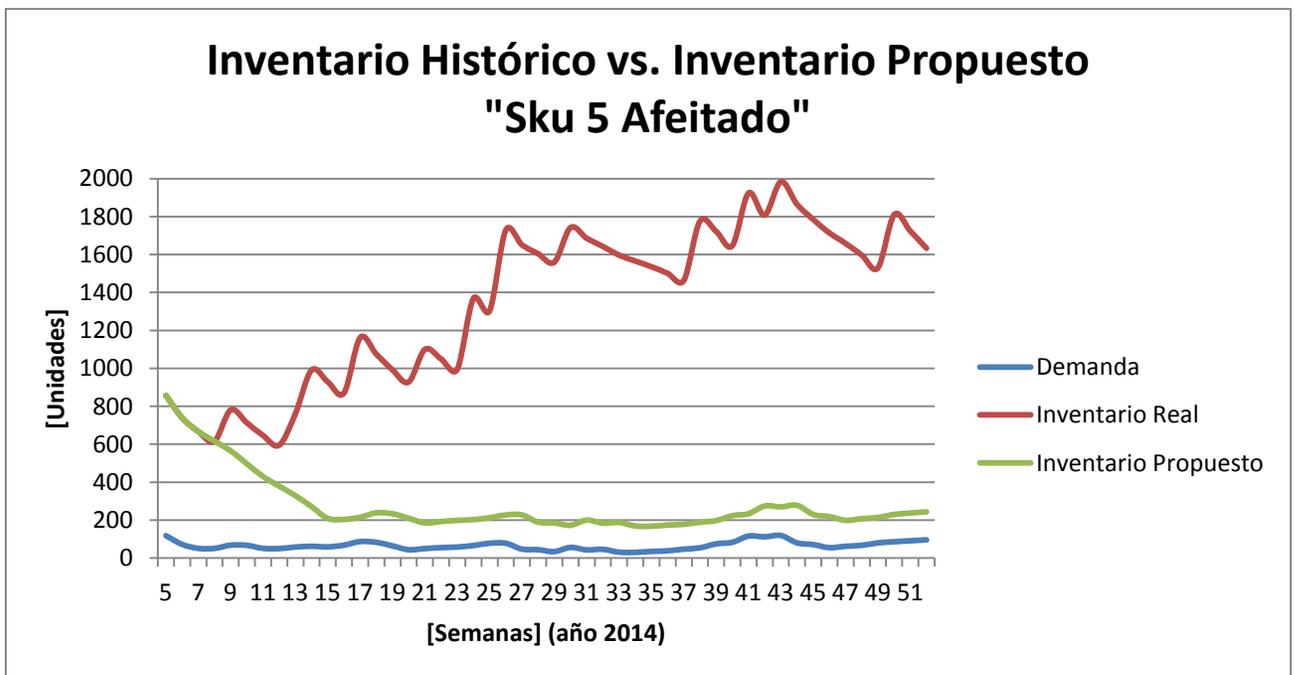


Ilustración 12.5: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 5 Afeitado"

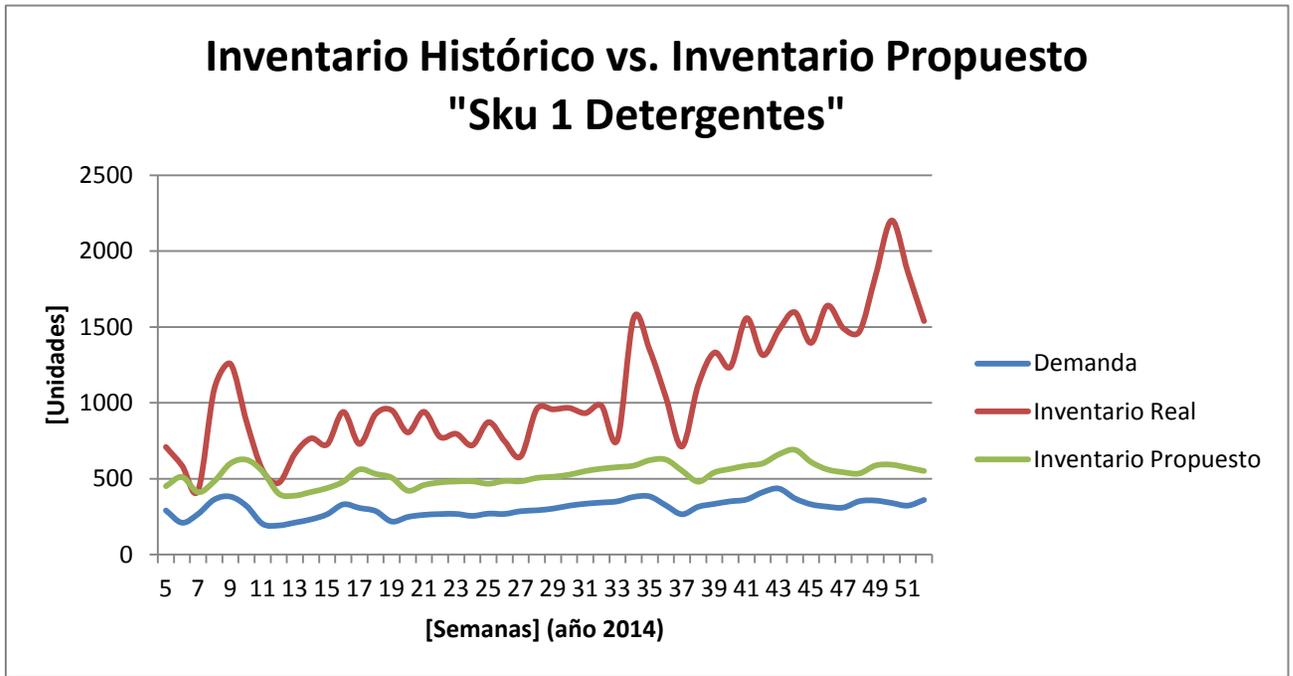


Ilustración 12.6: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 1 Detergentes"

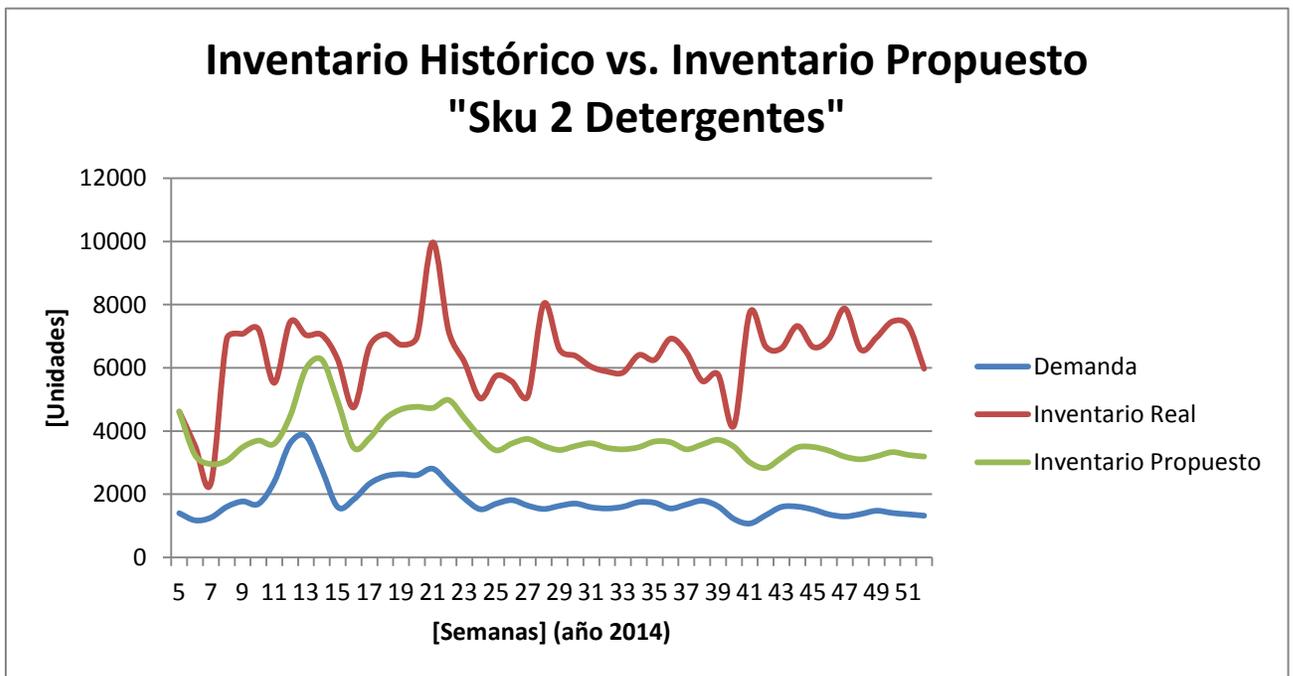


Ilustración 12.7: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 2 Detergentes"

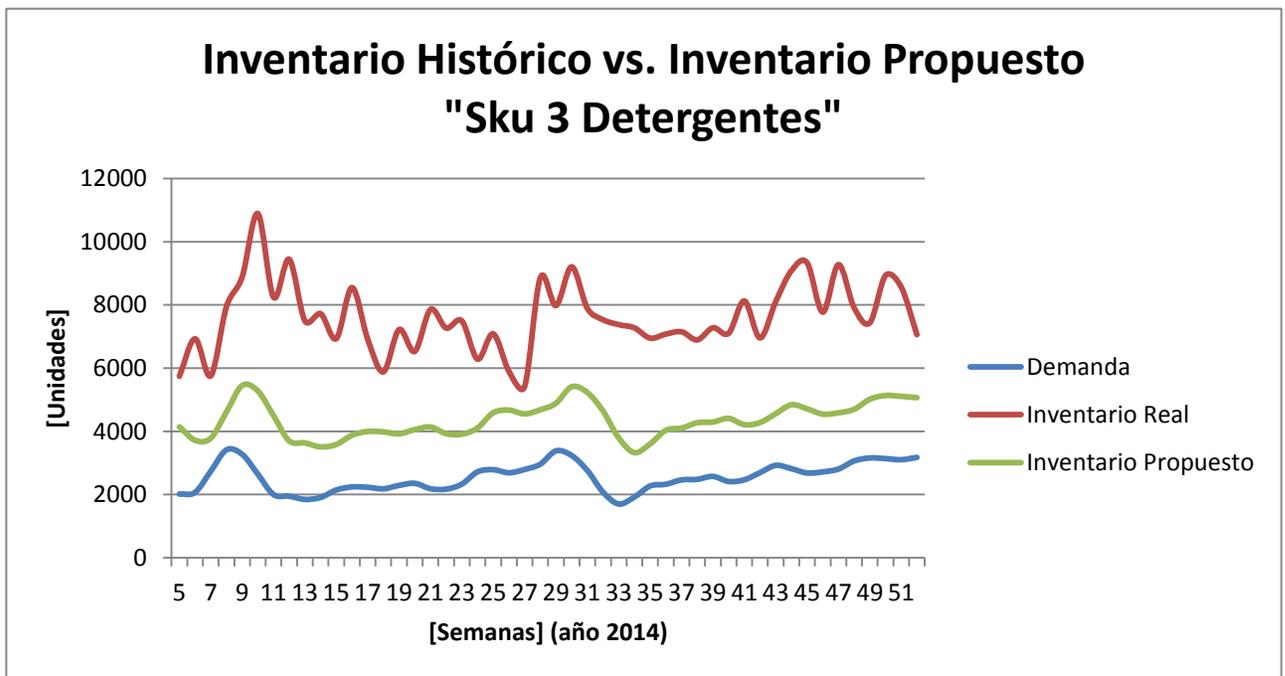


Ilustración 12.8: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 3 Detergentes"

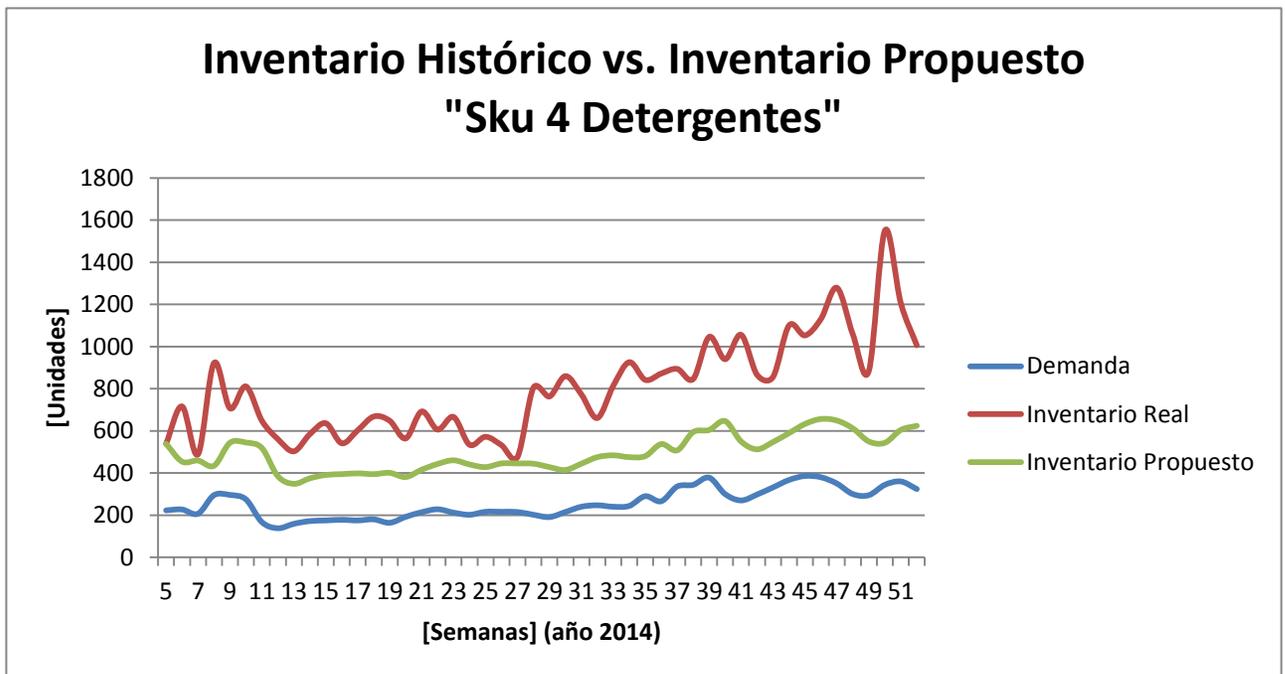


Ilustración 12.9: Inventario histórico vs. inventario propuesto "Sku 4 Detergentes"

Producto	Inventario Promedio [Unidades]	Inventario Propuesto [Unidades]	Diferencia [Unidades]
"Sku 1 Afeitado"	526	260	266
"Sku 2 Afeitado"	345	193	152
"Sku 3 Afeitado"	1.314	308	1.006
"Sku 4 Afeitado"	1.324	274	1.050
"Sku 5 Afeitado"	520	257	263
"Sku 1 Detergentes"	1.068	529	539
"Sku 2 Detergentes"	6.385	3.764	2.620
"Sku 3 Detergentes"	7.614	4.356	3.258
"Sku 4 Detergentes"	798	493	305
Total	19.894	10.435	9.460

Tabla 12.1: Diferencia inventario en unidades

Producto	Inventario Promedio [\$]	Inventario Propuesto [\$]	Diferencia [\$]
"Sku 1 Afeitado"	\$3.294.342	\$1.630.440	\$1.663.902
"Sku 2 Afeitado"	\$1.375.554	\$769.308	\$606.247
"Sku 3 Afeitado"	\$8.525.502	\$1.997.465	\$6.528.037
"Sku 4 Afeitado"	\$5.818.957	\$1.204.841	\$4.614.116
"Sku 5 Afeitado"	\$4.174.492	\$2.062.127	\$2.112.365
"Sku 1 Detergentes"	\$11.484.173	\$5.691.726	\$5.792.447
"Sku 2 Detergentes"	\$69.424.311	\$40.930.462	\$28.493.850
"Sku 3 Detergentes"	\$63.933.060	\$36.578.088	\$27.354.973
"Sku 4 Detergentes"	\$5.111.164	\$3.155.195	\$1.955.969
Total	\$173.141.556	\$94.019.652	\$79.121.905

Tabla 12.2: Diferencia inventario en pesos

Producto	Disminución Inventario [%]
"Sku 1 Afeitado"	51%
"Sku 2 Afeitado"	44%
"Sku 3 Afeitado"	77%
"Sku 4 Afeitado"	79%
"Sku 5 Afeitado"	51%
"Sku 1 Detergentes"	50%
"Sku 2 Detergentes"	41%
"Sku 3 Detergentes"	43%
"Sku 4 Detergentes"	38%
Total	46%

Tabla 12.3: Disminución porcentual inventario

En primer lugar, observando los gráficos, es claro que el modelo hubiera sido capaz de eficientar de forma sustancial los *stocks* del 2014 para cada *sku*: los inventarios arrojados por el modelo comienzan a tener un comportamiento bastante más estable y similar al de la demanda en comparación a los inventarios históricos; básicamente, porque se comportan de la misma manera que la demanda (de forma desfasada), agregando las componentes de seguridad y merma.

Por otro lado, cuantificando dicha eficiencia, los resultados de la última tabla establecen que el modelo habría permitido reducir los inventarios en un 46% de haberse implementado en el año de estudio. Dicho resultado es particularmente importante, ya que indica que en la actualidad se tiene alrededor del doble de inventario necesario en sala para los *sku's* y tienda analizados. Con esto, el modelo cumple el primer pilar que constituye el objetivo principal del estudio, el cual consiste en disminuir los inventarios.

Porcentualmente, los *sku's* con mayores oportunidades de reducción de *stocks* corresponden al "Sku 4 Afeitado" y "Sku 3 Afeitado". Sin embargo, el mayor ahorro lo supondrían los productos "Sku 2 Detergentes" y "Sku 3 Detergentes", debido a que tienen una demanda significativamente mayor y por ende, inventarios superiores.

12.2. Días de Inventario (DOH)

Subcategoría	DOH Inventario Histórico [Días]	DOH Inventario Propuesto [Días]	Diferencia [Días]	Diferencia [%]
Afeitado	51	17	34	67%
Detergentes	23	13	10	42%

Tabla 12.4: Diferencia DOH subcategorías

Producto	DOH Inventario Histórico [Días]	DOH Inventario Propuesto [Días]	Diferencia [Días]	Diferencia [%]
"Sku 1 Afeitado"	37	18	19	51%
"Sku 2 Afeitado"	30	17	13	44%
"Sku 3 Afeitado"	69	16	53	77%
"Sku 4 Afeitado"	82	17	65	79%
"Sku 5 Afeitado"	33	16	17	51%
"Sku 1 Detergentes"	24	12	12	50%
"Sku 2 Detergentes"	25	15	10	41%
"Sku 3 Detergentes"	21	12	9	43%
"Sku 4 Detergentes"	22	14	8	38%
Total	25	13	11	46%

Tabla 12.5: Diferencia DOH productos

Como se observa en la penúltima tabla, los artículos de tipo afeitado disminuirían sustancialmente sus días de inventario con la implementación del modelo, con una baja de un 67%. En menor medida, los detergentes también muestran una disminución considerable con un 42%.

Por otro lado, cabe destacar que a pesar de que ambos tipos de artículos podrán ser solicitados una vez a la semana y poseen los mismos tiempos de entrega, el modelo arroja un sugerido con mayores días de inventario para afeitado en comparación a los resultantes para detergentes. Esto se debe a dos razones:

- En proporción a las ventas de los artículos, el *stock* de seguridad sugerido por el modelo es más alto para los artículos de afeitado que para los artículos de detergentes.
- La merma o demanda ficticia es más alta en afeitado que en detergentes.

12.3. Nivel de Servicio

Producto	Nivel de Servicio Inventario Histórico [%]	Nivel de Servicio Inventario Propuesto [%]	Diferencia [%]
"Sku 1 Afeitado"	100%	100%	0%
"Sku 2 Afeitado"	100%	100%	0%
"Sku 3 Afeitado"	100%	100%	0%
"Sku 4 Afeitado"	100%	100%	0%
"Sku 5 Afeitado"	100%	100%	0%
"Sku 1 Detergentes"	100%	100%	0%
"Sku 2 Detergentes"	100%	100%	0%
"Sku 3 Detergentes"	100%	100%	0%
"Sku 4 Detergentes"	100%	100%	0%
Promedio	100%	100%	0%

Tabla 12.6: Diferencia nivel de servicio

Como se muestra en la tabla, el modelo arrojó inventarios capaces de mantener un nivel de servicio de un 100% para los artículos estudiados. Por lo tanto, dicho indicador de desempeño no varía respecto al obtenido históricamente.

Este resultado es trascendental para los intereses de la cadena en estudio, ya que una de sus condiciones para la implementación del modelo era que este último fuera capaz de mantener un nivel de servicio de al menos un 99%.

12.4. Costo de Inventario

Como se mencionó en el capítulo 9, las componentes relevantes del costo de inventario para el caso de estudio son el costo de capital por *stock* inmovilizado y el costo de inexistencias. A continuación se muestran las oportunidades de reducir estas últimas gracias a la implementación del modelo.

Producto	Inventario Inmovilizado Promedio [Unidades]	Inventario Inmovilizado Modelo [Unidades]	Diferencia [Unidades]
"Sku 1 Afeitado"	427	161	266
"Sku 2 Afeitado"	264	112	152
"Sku 3 Afeitado"	1.181	175	1.006
"Sku 4 Afeitado"	1.211	161	1.050
"Sku 5 Afeitado"	411	148	263
"Sku 1 Detergentes"	760	222	539
"Sku 2 Detergentes"	4.582	1.962	2.620
"Sku 3 Detergentes"	5.066	1.808	3.258
"Sku 4 Detergentes"	543	238	305
Total	14.446	4.986	9.460

Tabla 12.7: Diferencia inventario inmovilizado en unidades

Producto	Inventario Inmovilizado Promedio [\$]	Inventario Inmovilizado Modelo [\$]	Diferencia [\$]
"Sku 1 Afeitado"	\$2.674.076	\$1.010.174	\$1.663.902
"Sku 2 Afeitado"	\$1.053.459	\$447.212	\$606.247
"Sku 3 Afeitado"	\$7.661.517	\$1.133.480	\$6.528.037
"Sku 4 Afeitado"	\$5.322.389	\$708.273	\$4.614.116
"Sku 5 Afeitado"	\$3.299.390	\$1.187.025	\$2.112.365
"Sku 1 Detergentes"	\$8.175.200	\$2.382.754	\$5.792.447
"Sku 2 Detergentes"	\$49.823.288	\$21.329.438	\$28.493.850
"Sku 3 Detergentes"	\$42.533.990	\$15.179.018	\$27.354.973
"Sku 4 Detergentes"	\$3.479.941	\$1.523.972	\$1.955.969
Total	\$124.023.250	\$44.901.345	\$79.121.905

Tabla 12.8: Diferencia inventario inmovilizado en pesos

Producto	Disminución Inventario Inmovilizado [%]
"Sku 1 Afeitado"	62%
"Sku 2 Afeitado"	58%
"Sku 3 Afeitado"	85%
"Sku 4 Afeitado"	87%
"Sku 5 Afeitado"	64%
"Sku 1 Detergentes"	71%
"Sku 2 Detergentes"	57%
"Sku 3 Detergentes"	64%
"Sku 4 Detergentes"	56%
Total	64%

Tabla 12.9: Disminución porcentual inventario inmovilizado

Costo Oportunidad por Sobre Stock Histórico [\$]	Costo Oportunidad por Sobre Stock Modelo [\$]	Diferencia [\$]	Diferencia [%]
\$11.906.232	\$4.310.529	\$7.595.703	64%

Tabla 12.10: Diferencia costo oportunidad por sobre stock

Como se observa en la penúltima tabla, el modelo habría permitido disminuir el inventario inmovilizado del 2014 en un 64%.

Debido a que la diferencia entre inventarios inmovilizados es igual a la diferencia entre inventarios totales (tanto en unidades como en valor), nuevamente los artículos "Sku 2 Detergentes" y "Sku 3 Detergentes" supondrían el mayor ahorro en cuanto a reducción de inventario inmovilizado.

Por otro lado, al igual que el *stock* inmovilizado, el costo de oportunidad de tener dinero invertido en productos que no se venderán de inmediato se habría reducido en un 64%.

Finalmente, en cuanto al costo de inexistencias, este habría sido nulo al igual que en la actualidad, debido a que el modelo no hubiera hecho incurrir en quiebres a ningún *sku* del estudio.

Con la obtención de estos resultados, nace una interrogante: ¿se han minimizado los costos de inventario? En particular, los costos por sobre *stock* y los costos de inexistencias.

Cabe destacar que matemáticamente es posible minimizar dichos costos y conseguir valores menores a los obtenidos en este capítulo. Sin embargo, esto conllevaría a tener un nivel de servicio menor al resultante, el cual fue impuesto como cota inferior por parte de la empresa.

Algunos competidores están dispuestos a incurrir en quiebres con tal de minimizar costos de inventario, a diferencia de la organización estudiada, la cual vela por un nivel de servicio de excelencia como prueba de la calidad que ofrece.

De esta forma, se establece que se obtuvieron los menores costos de inventario que permitieran mantener un nivel de servicio igual o por sobre un 99%.

13. Simulación

Como se mencionó en el capítulo 5, el objetivo principal del modelo desarrollado es disminuir los niveles de inventario existentes al día de hoy, manteniendo un nivel de servicio en góndola de al menos un 99%. A pesar de que el modelo ha mostrado disminuir de forma importante los inventarios, nace la preocupación de que, en la práctica, no sea capaz de mantener el nivel de servicio estipulado. Por esta razón, se realizaron simulaciones de demanda para ver cómo se comportaría el sistema en distintos escenarios futuros y así, probar su eficacia en cuanto a dicho indicador de desempeño. A continuación se describen los pasos de la simulación y se muestran los resultados obtenidos:

13.1. Distribución de Probabilidad de la Demanda Futura

En primer lugar, para simular la demanda futura de un artículo, es necesario conocer la distribución de probabilidad de esta última. Para esto, utilizando como *input* la data de demanda semanal del 2014, mediante el software Stat Fit se determinaron las distribuciones de probabilidad de la demanda de cada *sku* para períodos de tres meses. De esta forma, podrían aislarse distintos comportamientos a lo largo del año (ver anexo 1).

13.2. Simulación y Elección Escenarios

Utilizando las distribuciones de probabilidad, se realizaron 500 simulaciones de 52 semanas de demanda en Excel para cada *sku*, las cuales representan 500 escenarios distintos. Estos permiten evaluar el desempeño del sistema en diferentes circunstancias. Sin embargo, se deben elegir los escenarios más relevantes a la hora de evaluar el comportamiento del modelo en cuanto al nivel de servicio resultante. Por esta razón, se decidió trabajar con el promedio de demanda de las 500 simulaciones; con la simulación que tuviera mayor variabilidad y la que tuviera menor variabilidad.

13.3. Resultados Simulación

A continuación se muestran los tres escenarios elegidos para cada *sku*:

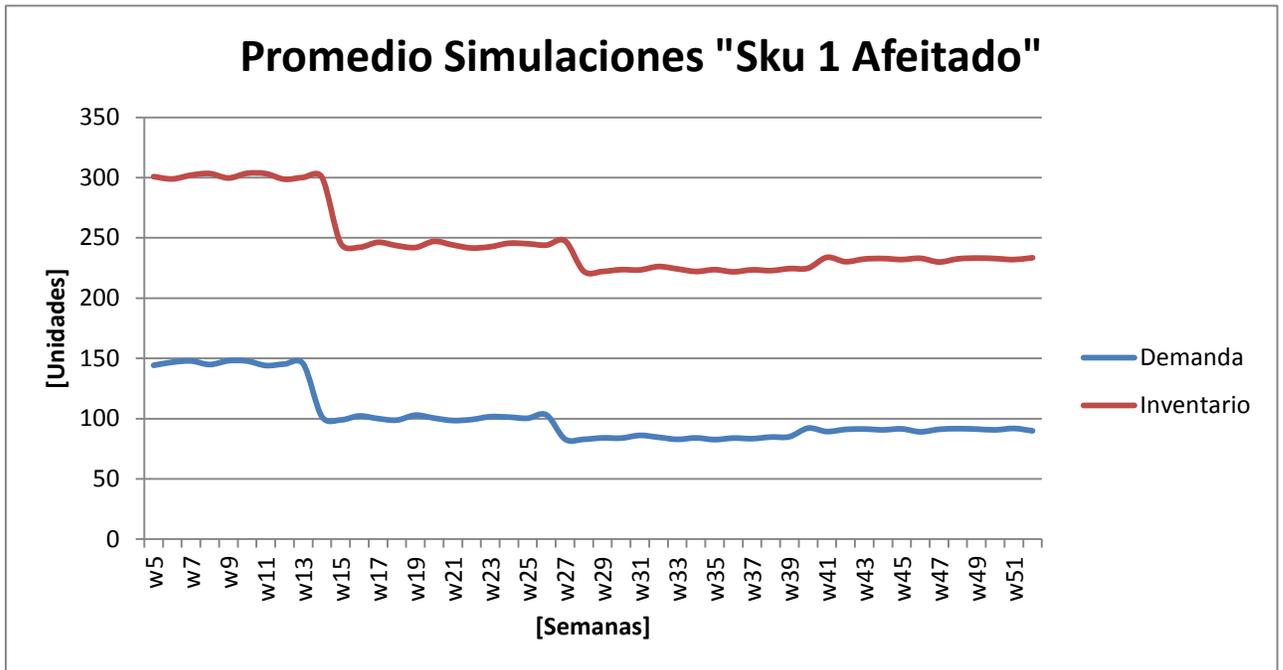


Ilustración 13.1: Promedio Simulaciones "Sku 1 Afeitado"

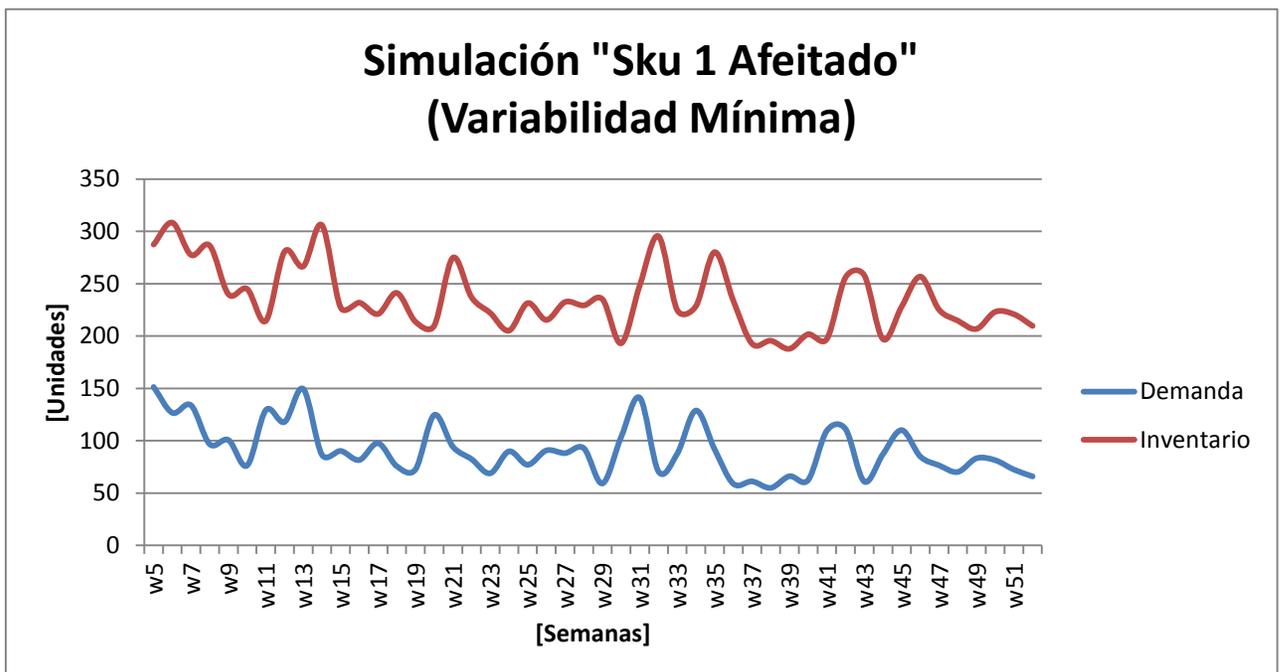


Ilustración 13.2: Simulación "Sku 1 Afeitado" (variabilidad mínima)

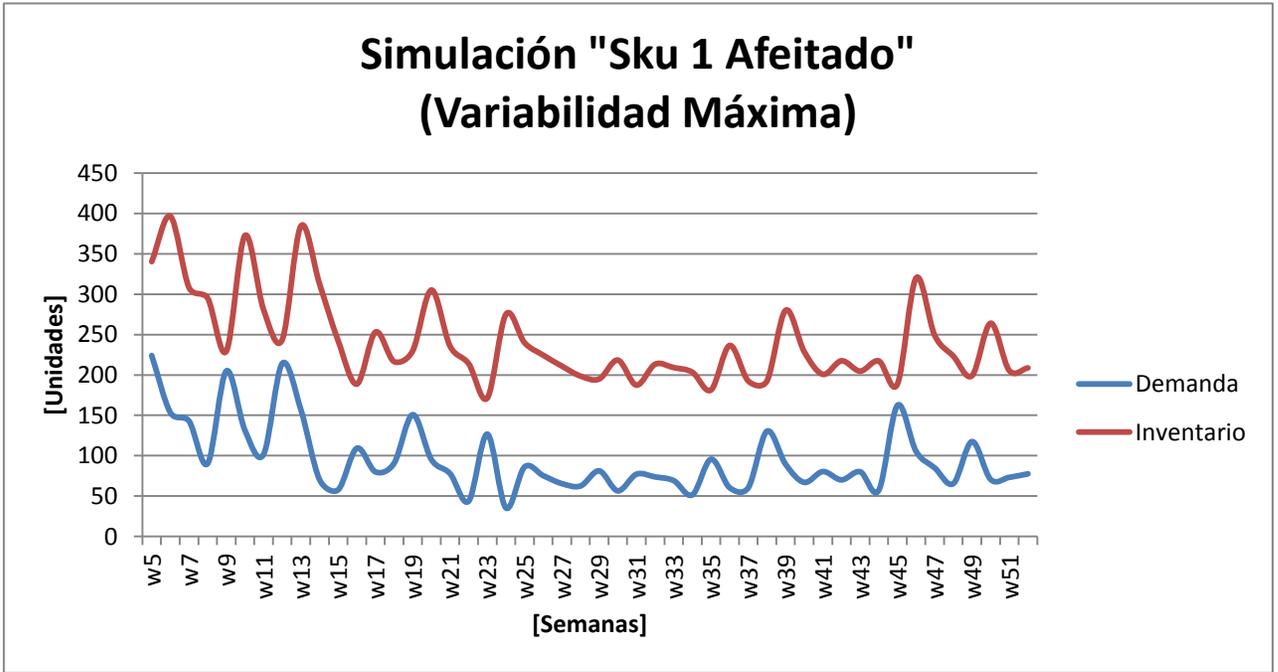


Ilustración 13.3: Simulación "Sku 1 Afeitado" (variabilidad máxima)

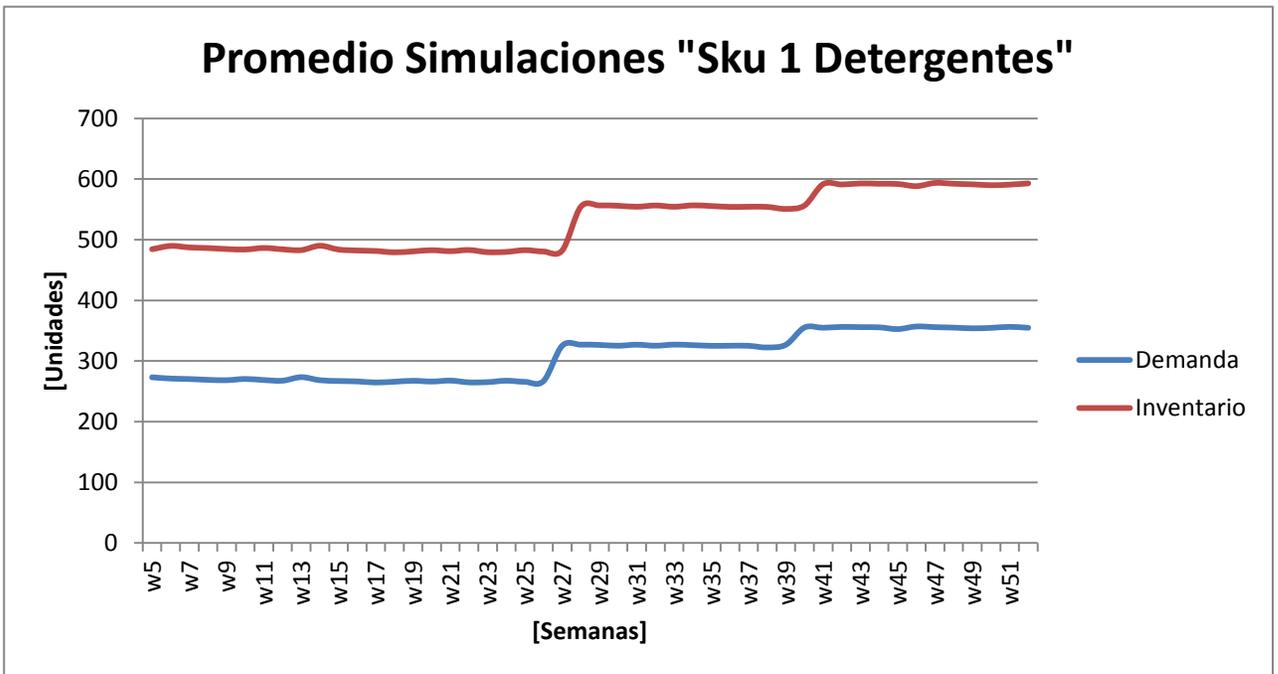


Ilustración 13.4: Promedio Simulaciones "Sku 1 Detergentes"

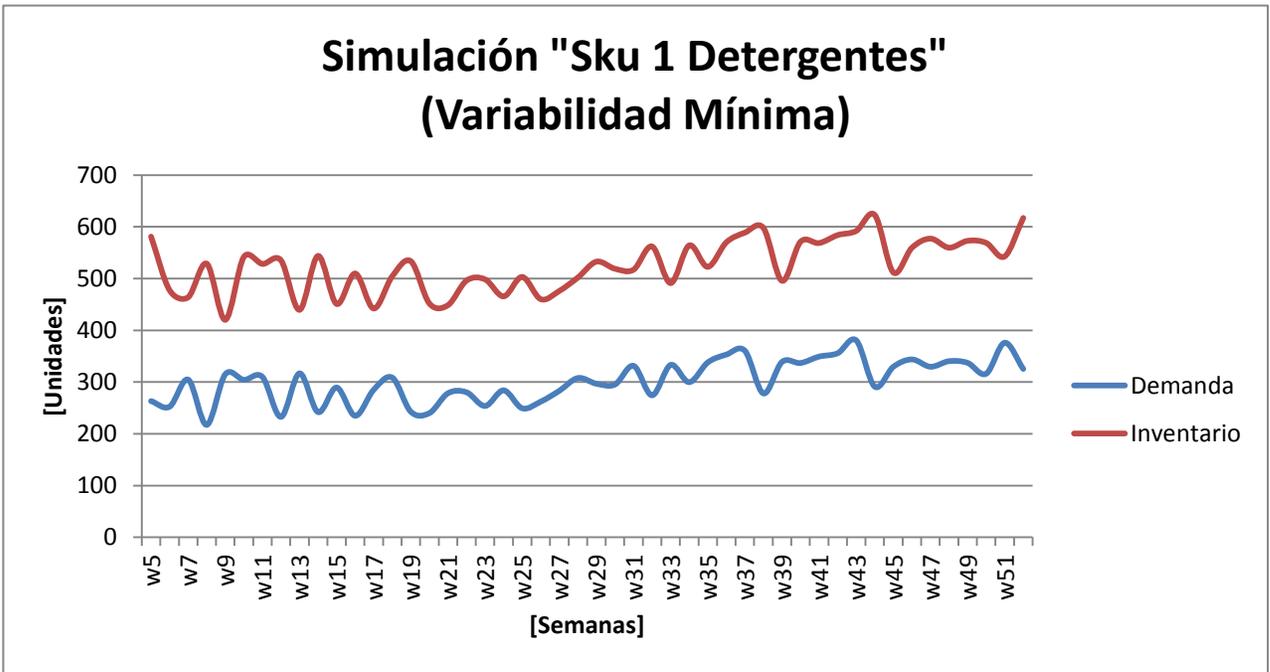


Ilustración 13.5: Simulación "Sku 1 Detergentes" (variabilidad mínima)

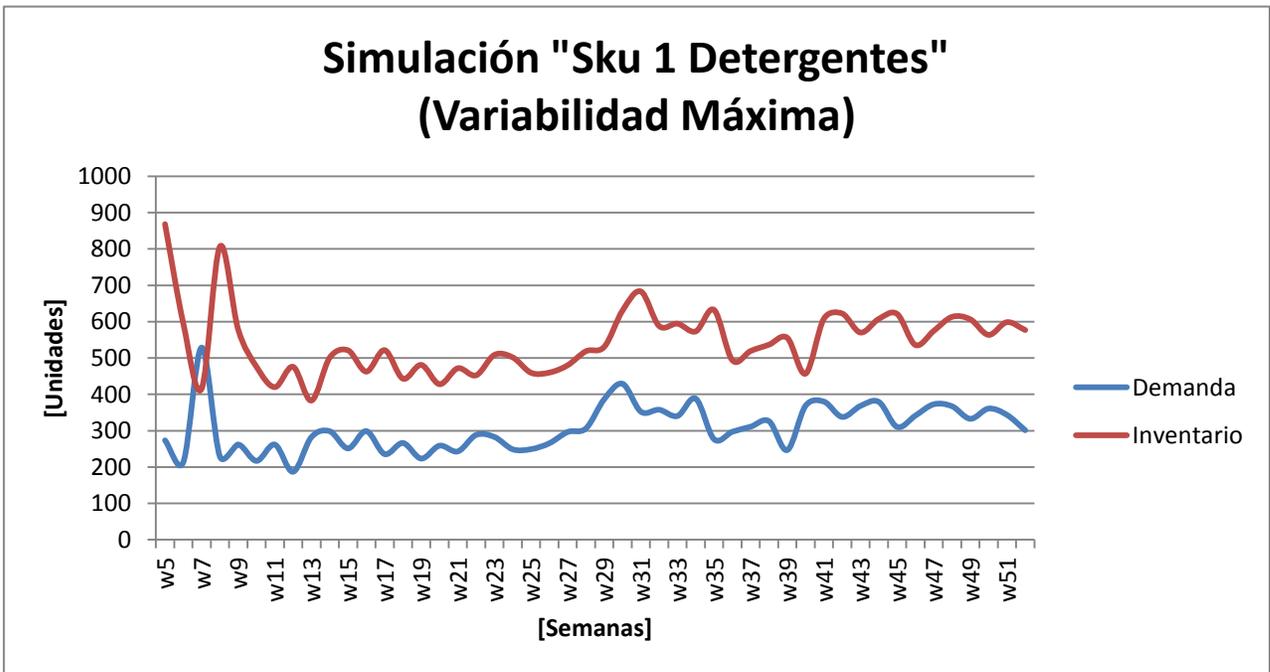


Ilustración 13.6: Simulación "Sku 1 Detergentes" (variabilidad máxima)

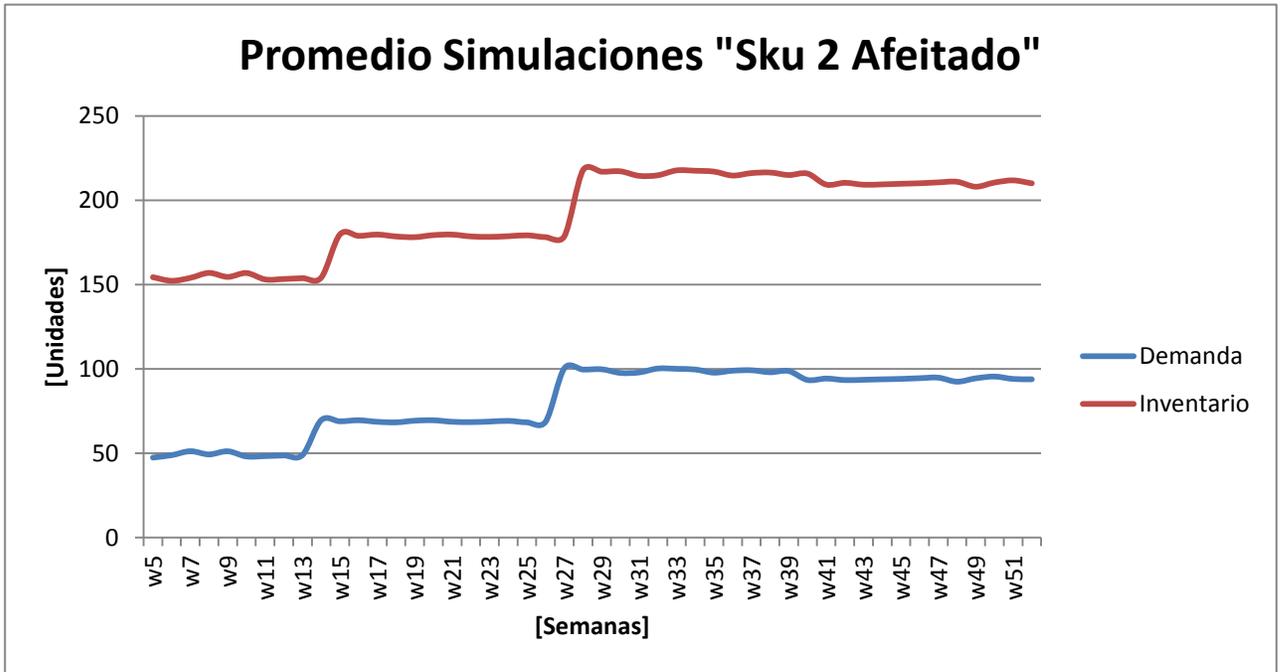


Ilustración 13.7: Promedio Simulaciones "Sku 2 Afeitado"

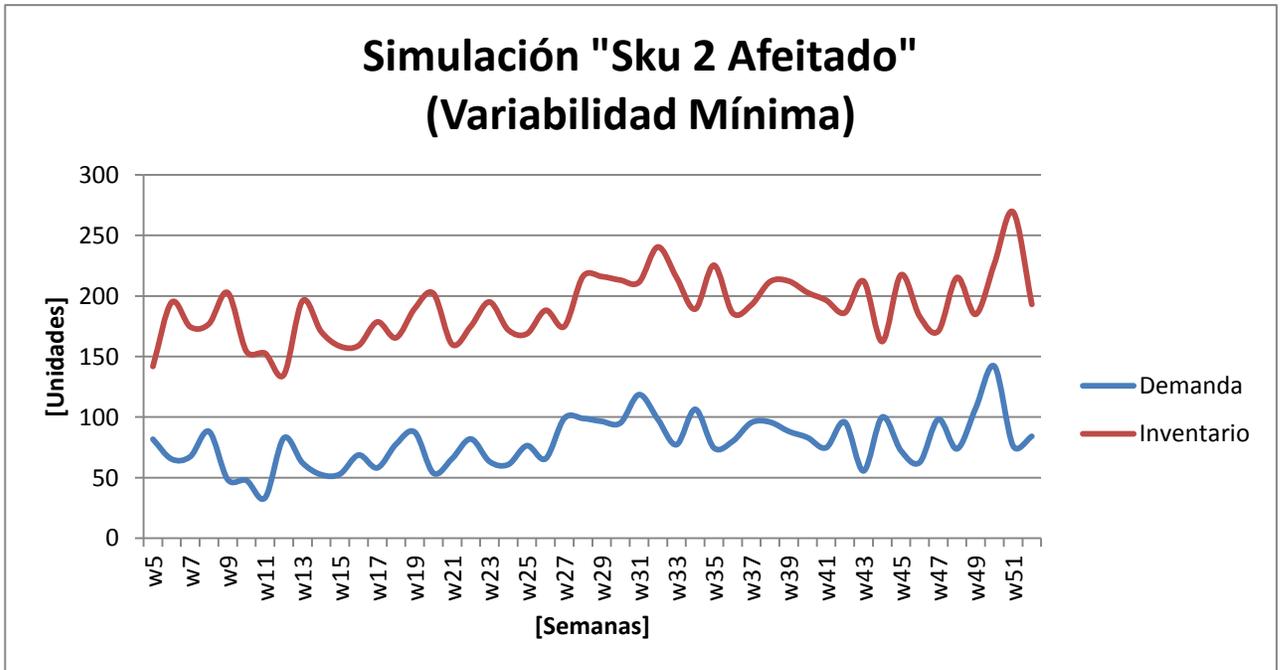


Ilustración 13.8: Simulación "Sku 2 Afeitado" (variabilidad mínima)

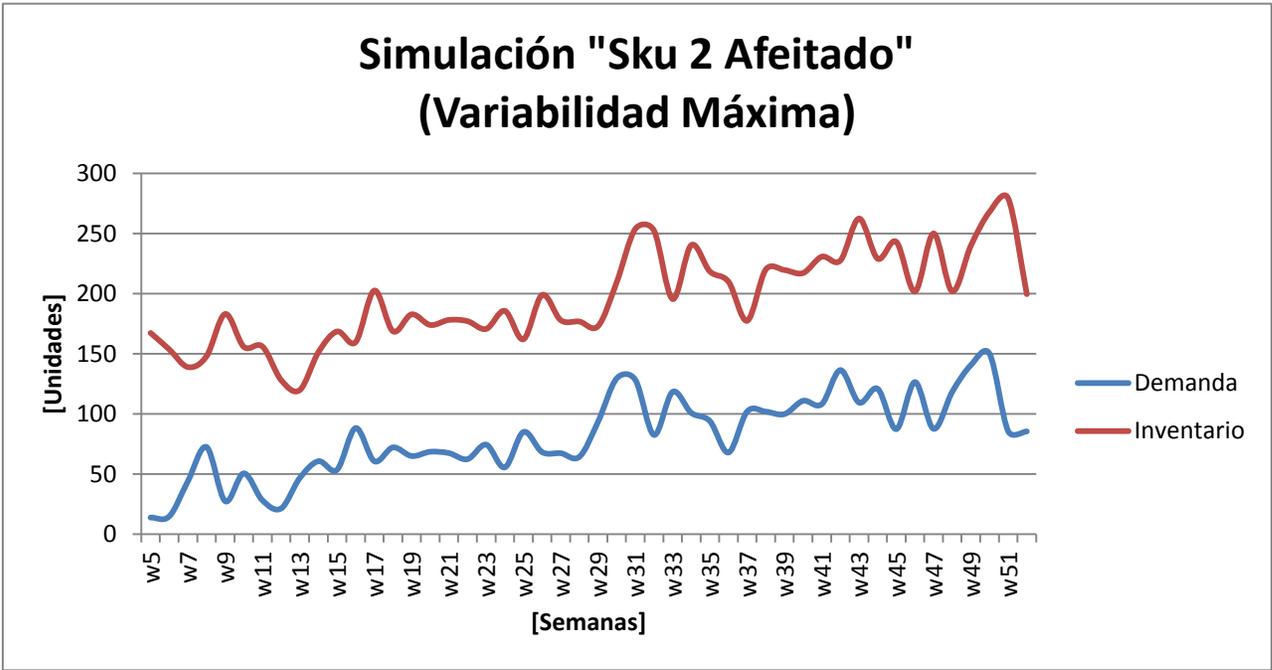


Ilustración 13.9: Simulación "Sku 2 Afeitado" (variabilidad máxima)

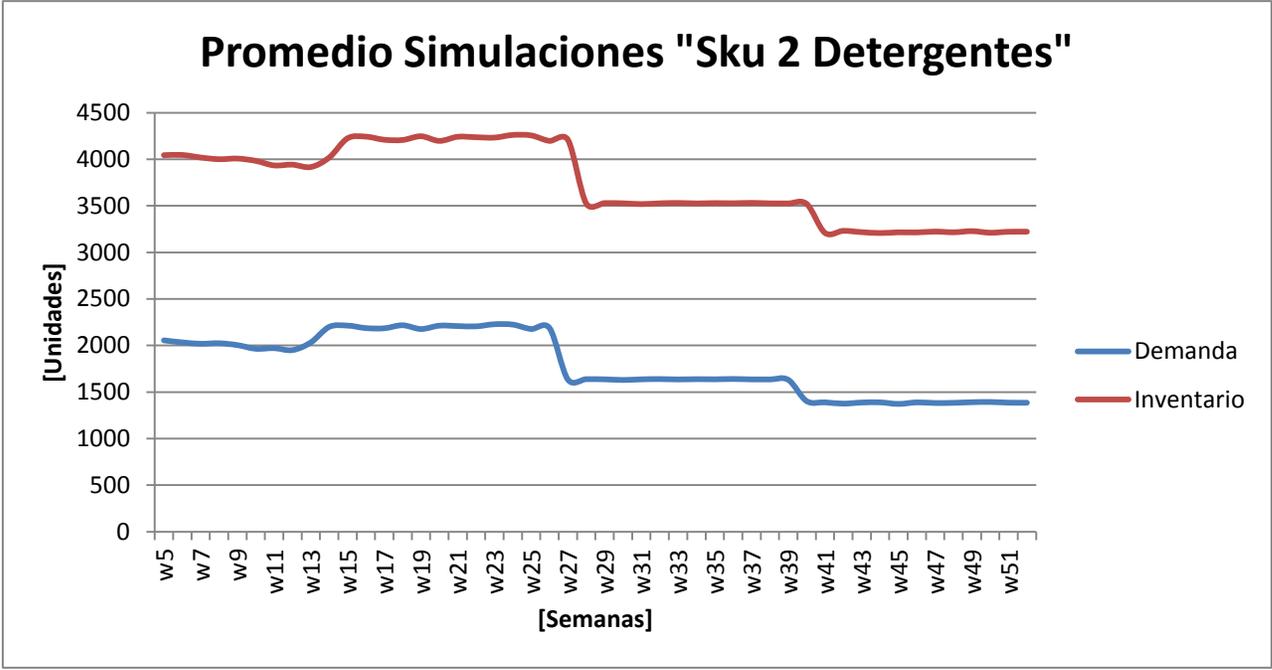


Ilustración 13.10: Promedio simulaciones "Sku 2 Detergentes"

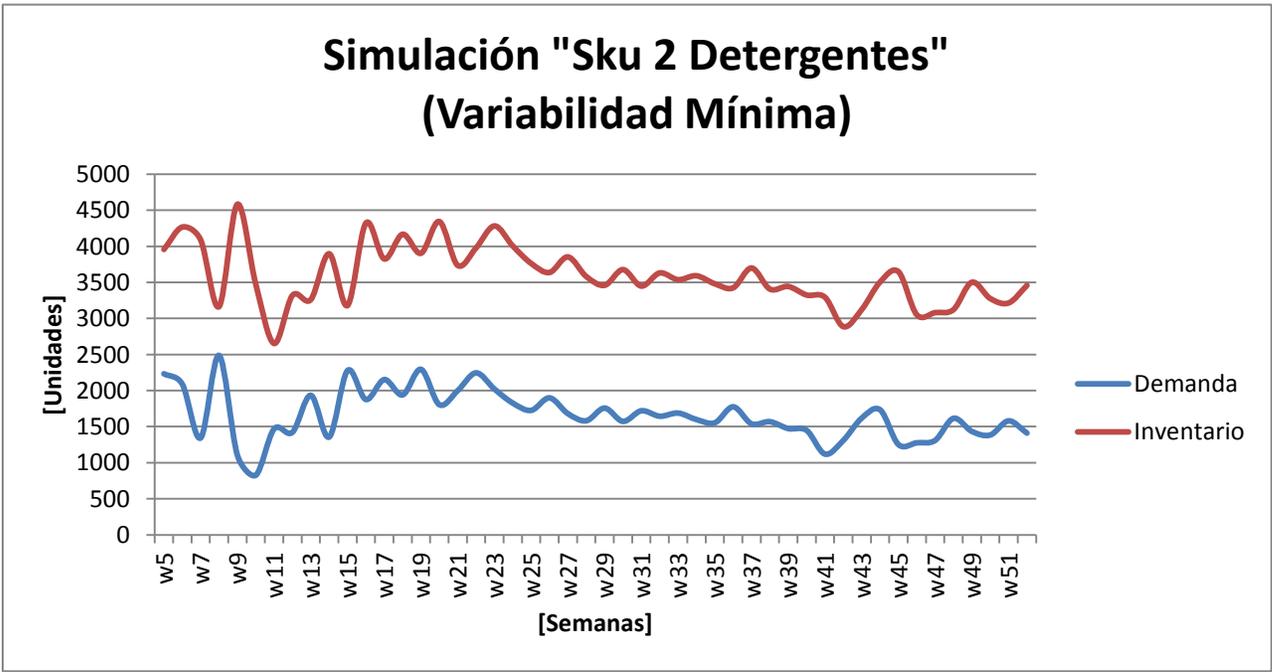


Ilustración 13.11: Simulación "Sku 2 Detergentes" (variabilidad mínima)

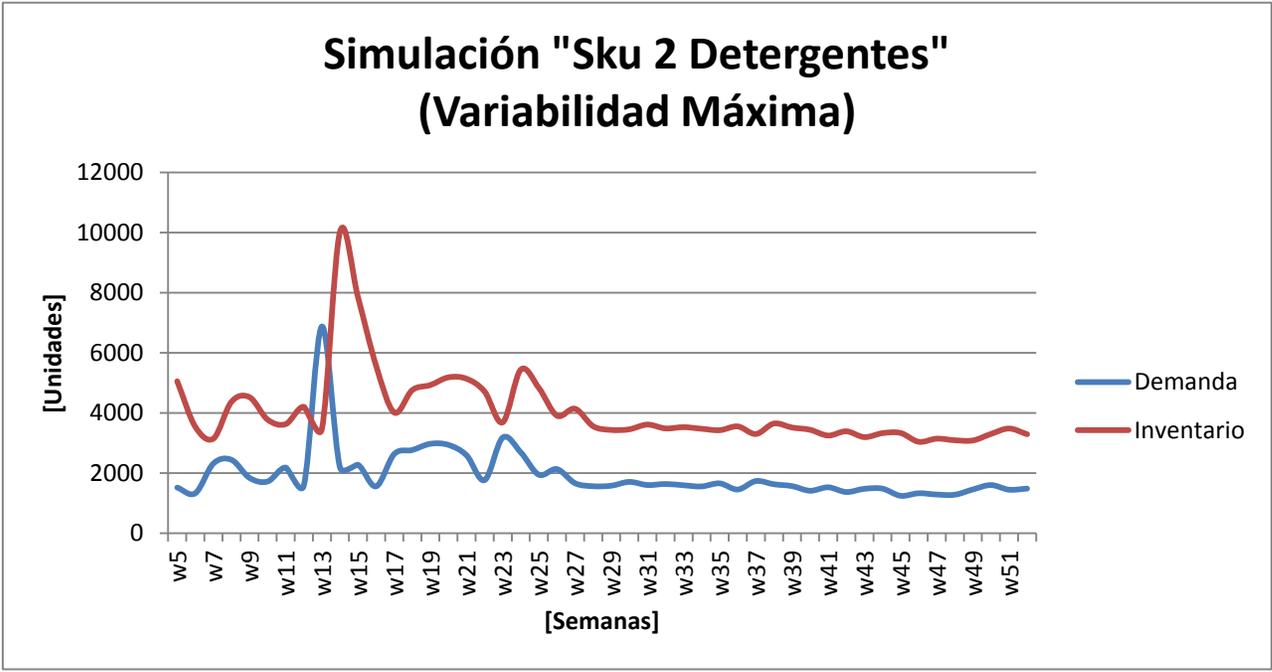


Ilustración 13.12: Simulación "Sku 2 Detergentes" (variabilidad máxima)

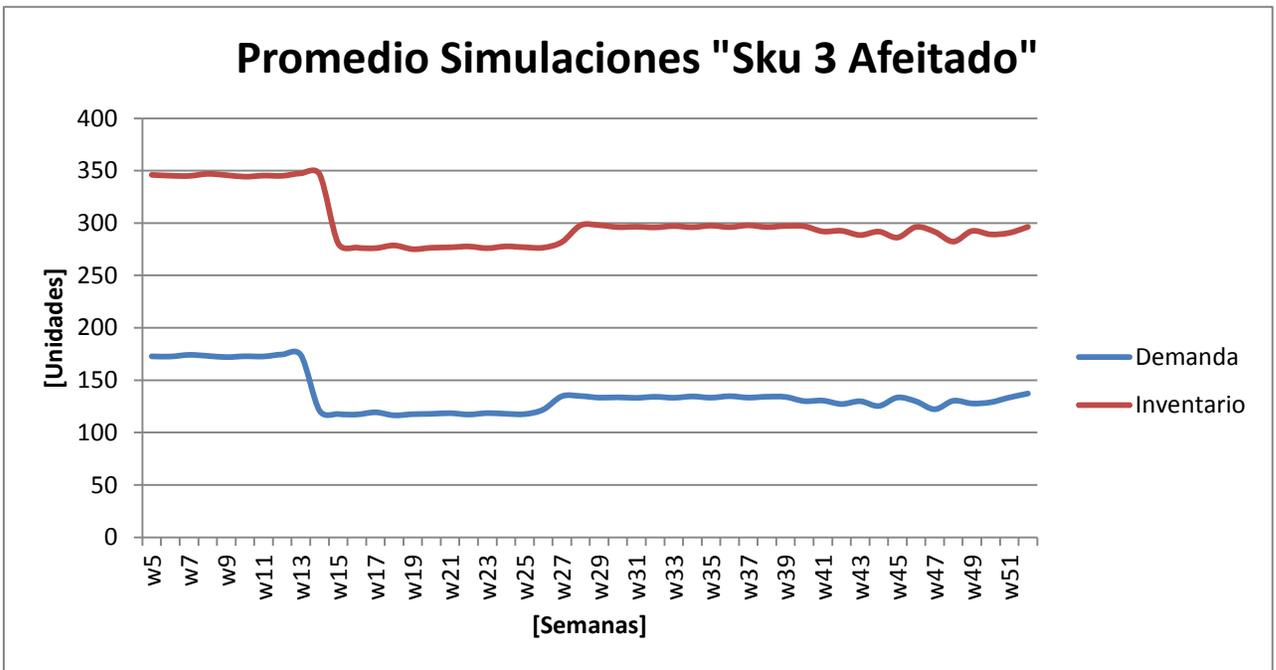


Ilustración 13.13: Promedio simulaciones "Sku 3 Afeitado"

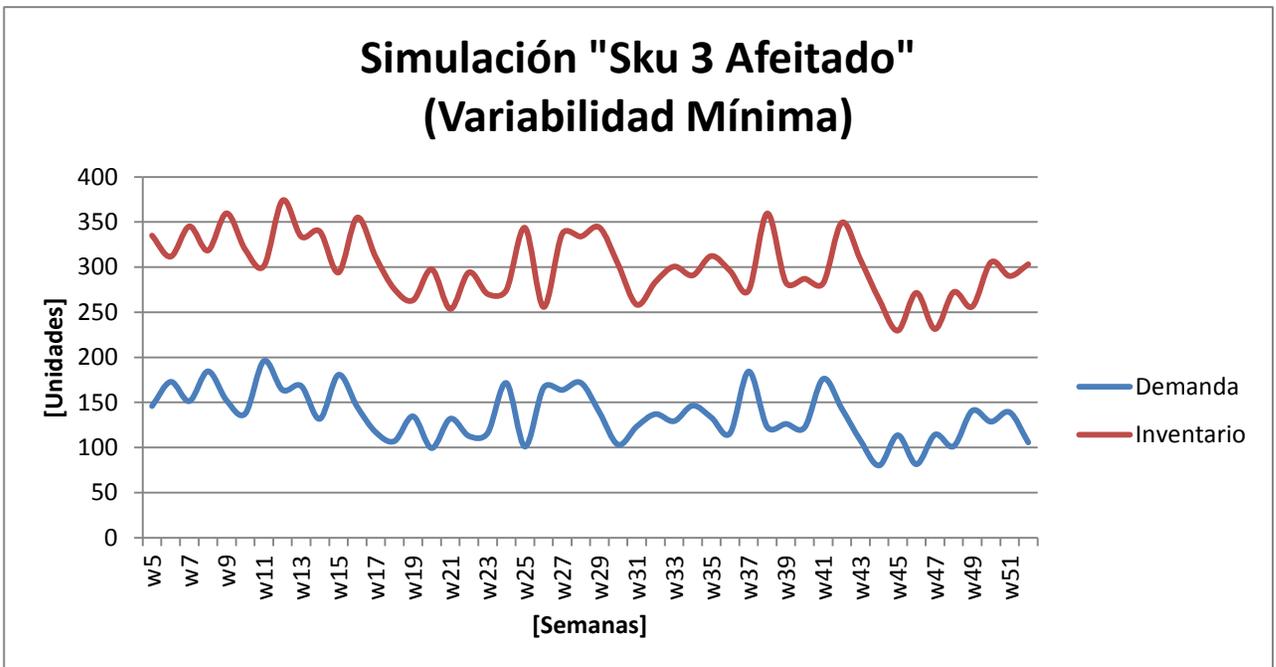


Ilustración 13.14: Simulación "Sku 3 Afeitado" (variabilidad mínima)

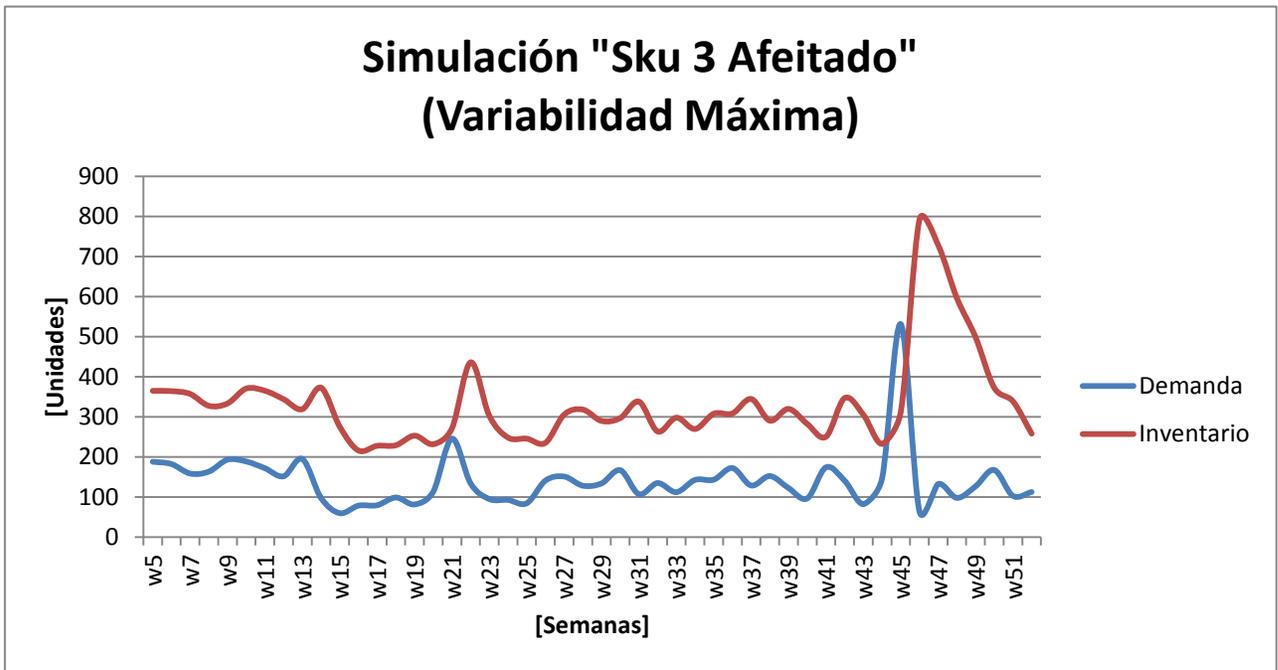


Ilustración 13.15: Simulación "Sku 3 Afeitado" (variabilidad máxima)

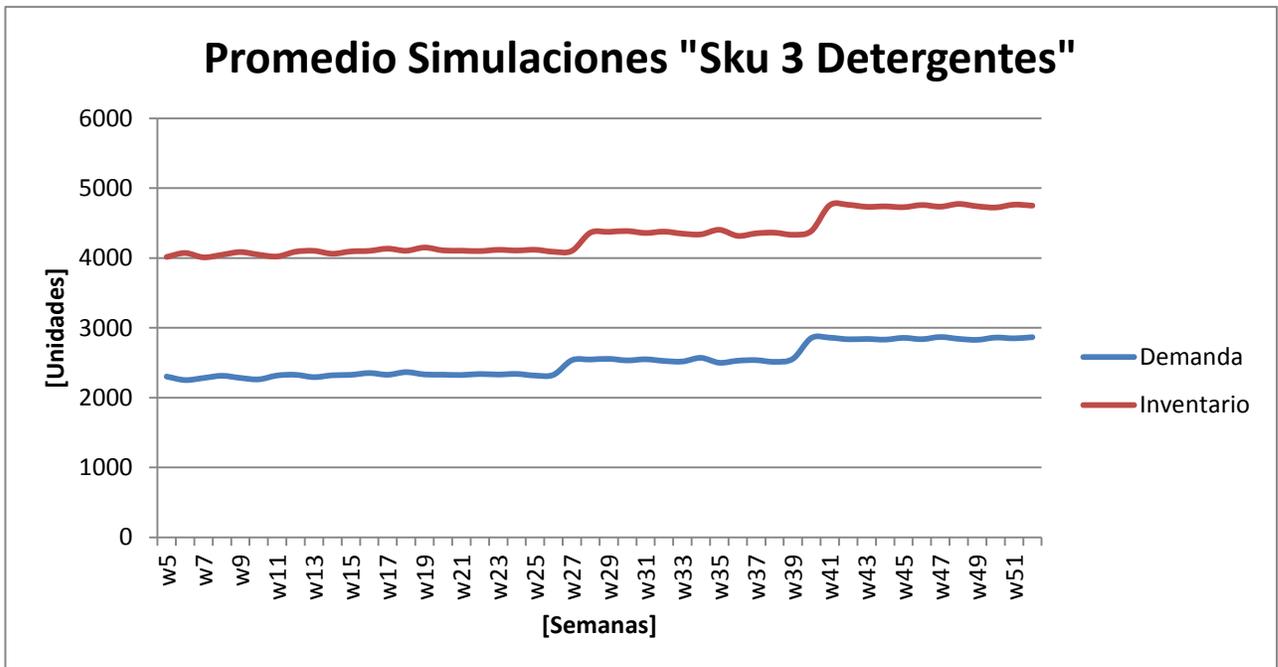


Ilustración 13.16: Promedio simulaciones "Sku 3 Detergentes"

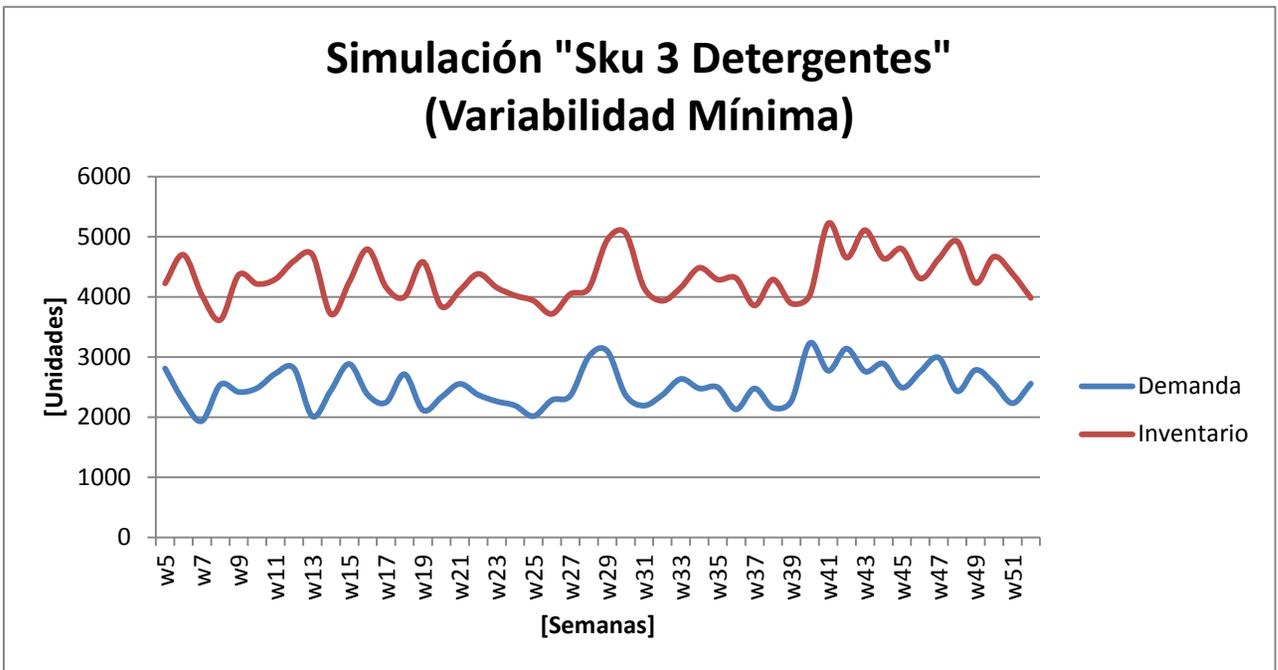


Ilustración 13.17: Simulación "Sku 3 Detergentes" (variabilidad mínima)

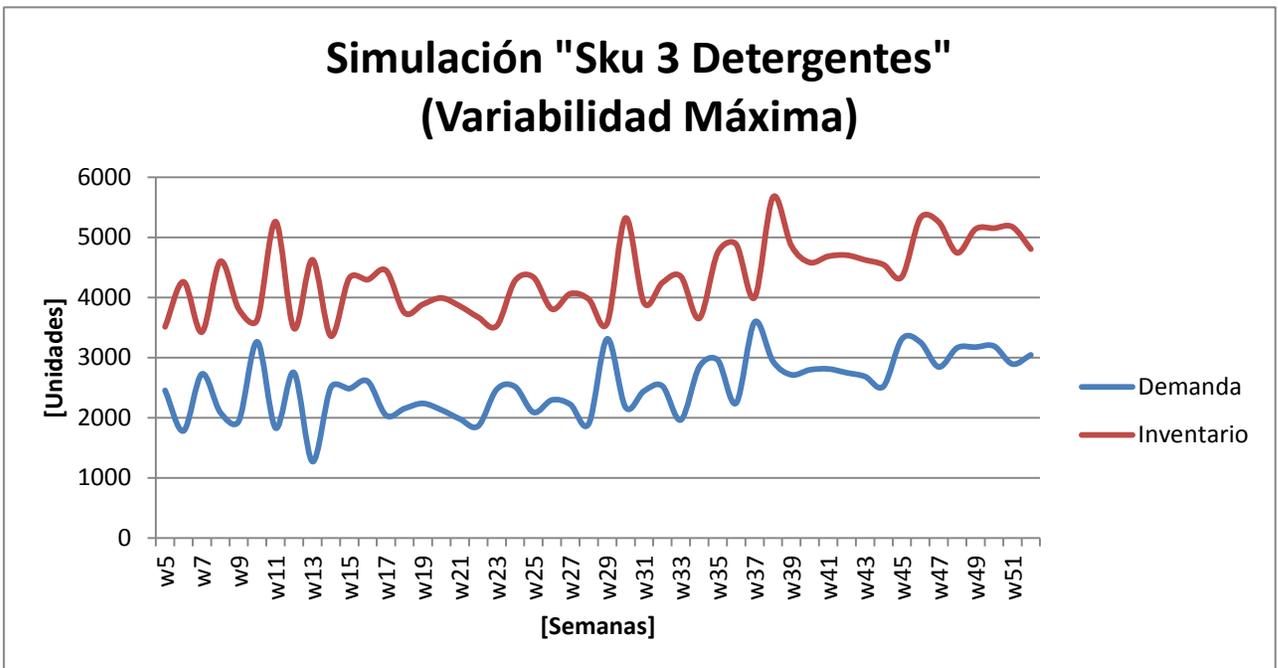


Ilustración 13.18: Simulación "Sku 3 Detergentes" (variabilidad máxima)

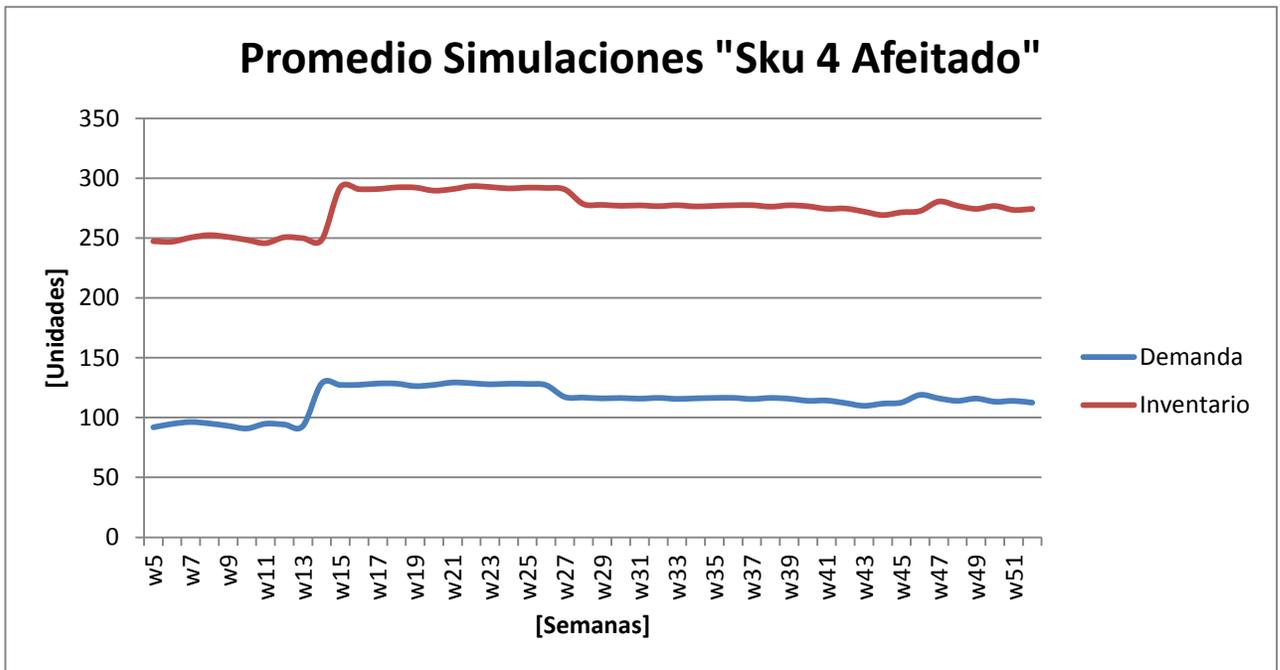


Ilustración 13.19: Promedio simulaciones "Sku 4 Afeitado"

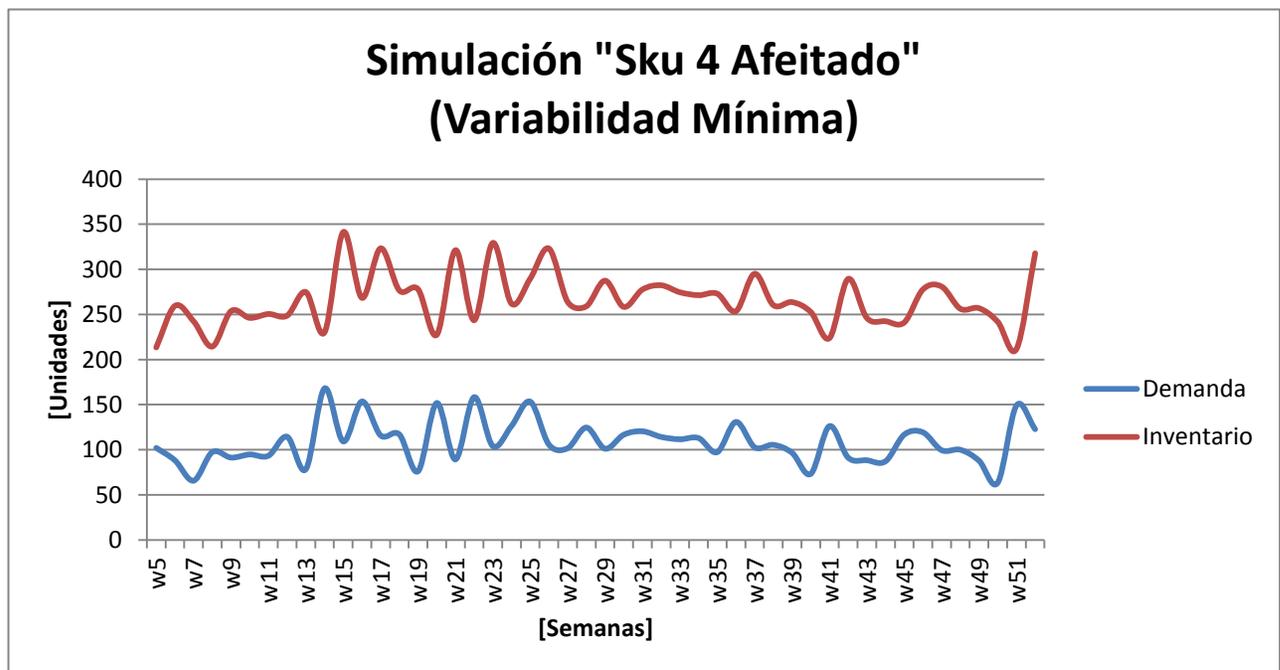


Ilustración 13.20: Simulación "Sku 4 Afeitado" (variabilidad mínima)

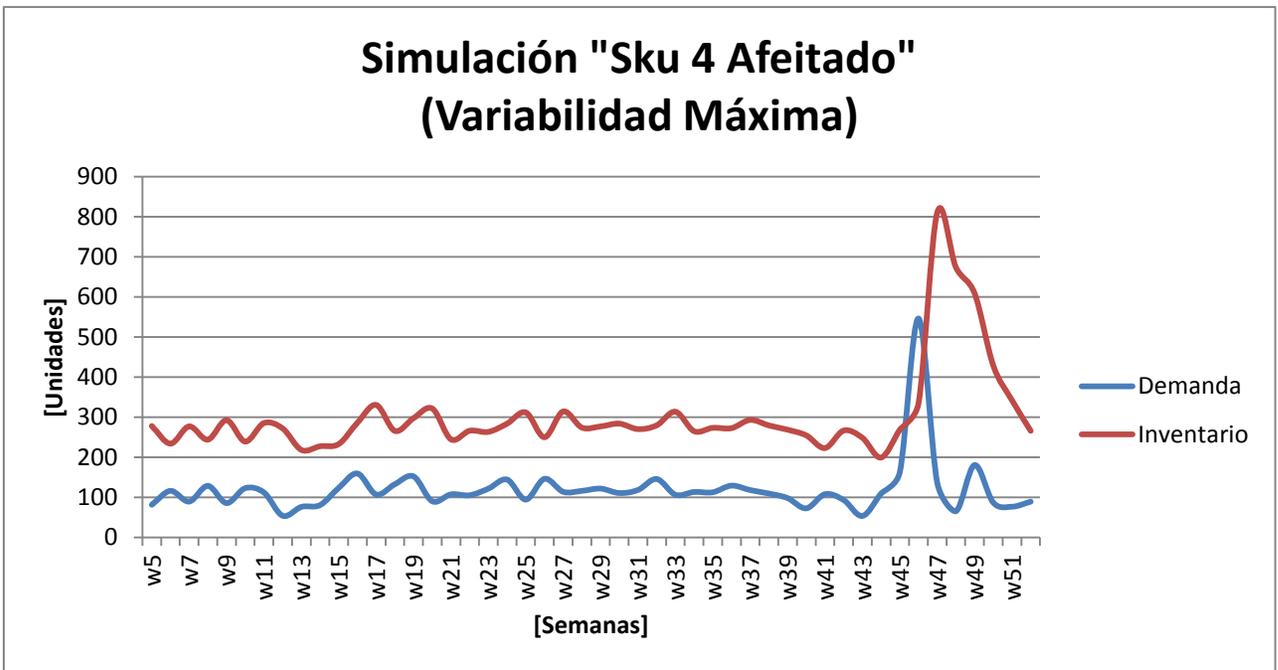


Ilustración 13.21: Simulación "Sku 4 Afeitado" (variabilidad máxima)

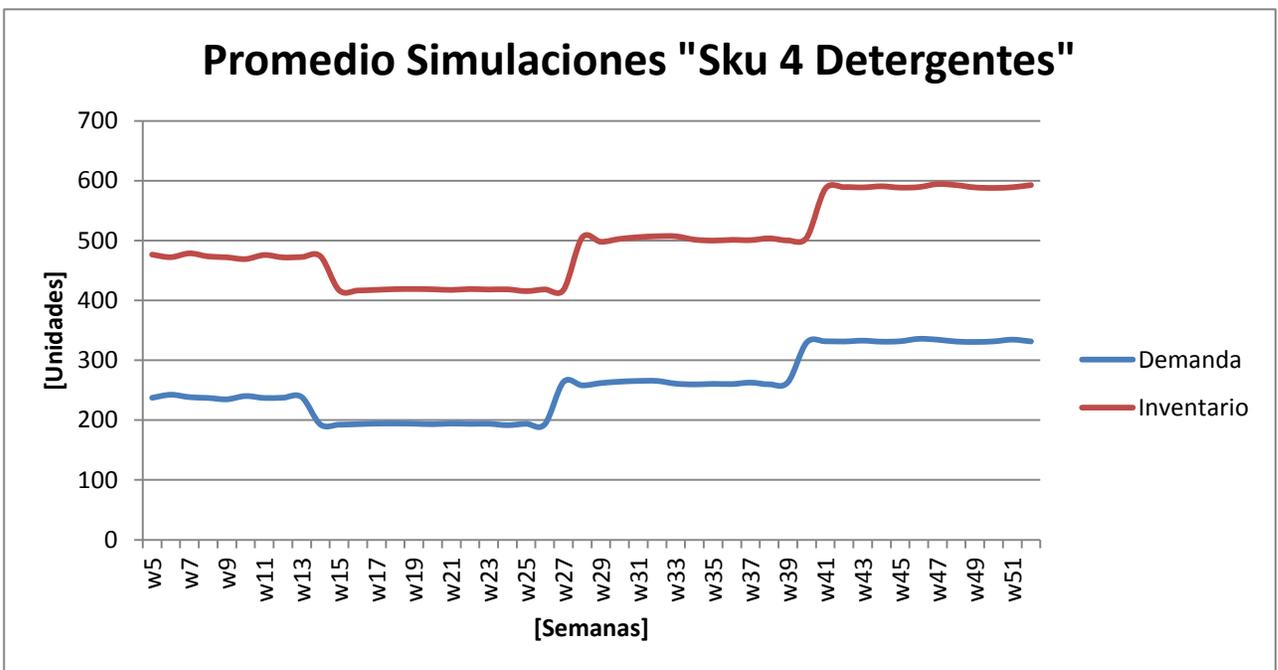


Ilustración 13.22: Promedio simulaciones "Sku 4 Detergentes"

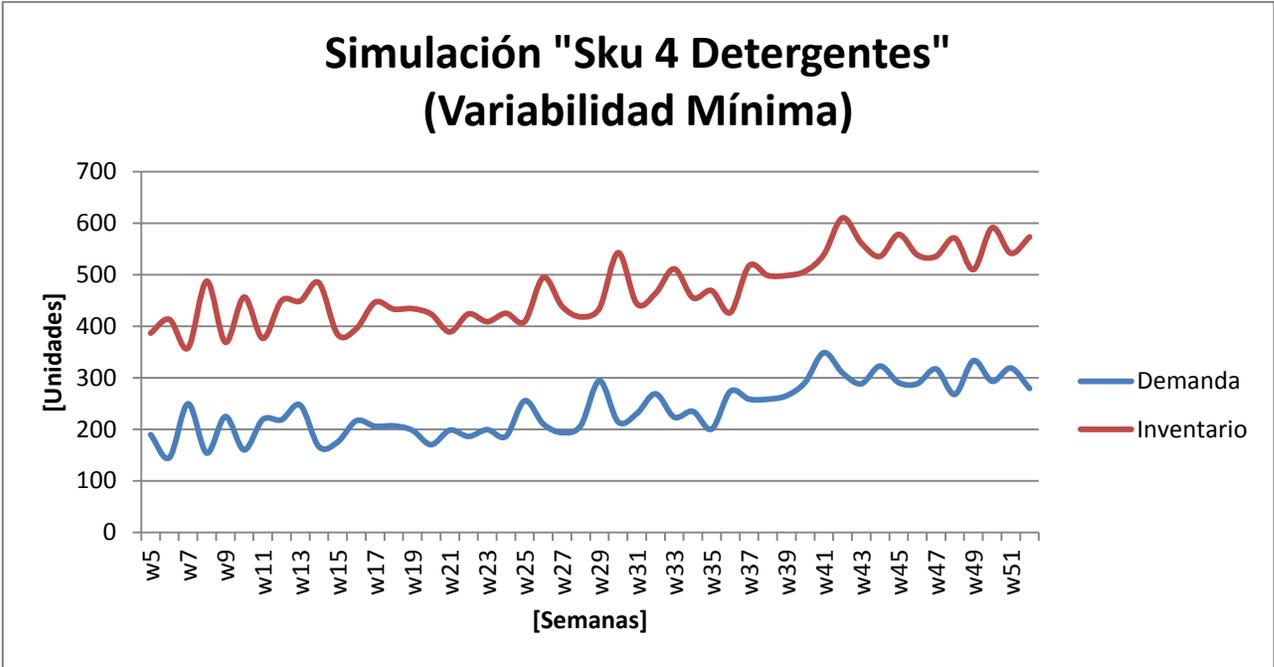


Ilustración 13.23: Simulación "Sku 4 Detergentes" (variabilidad mínima)

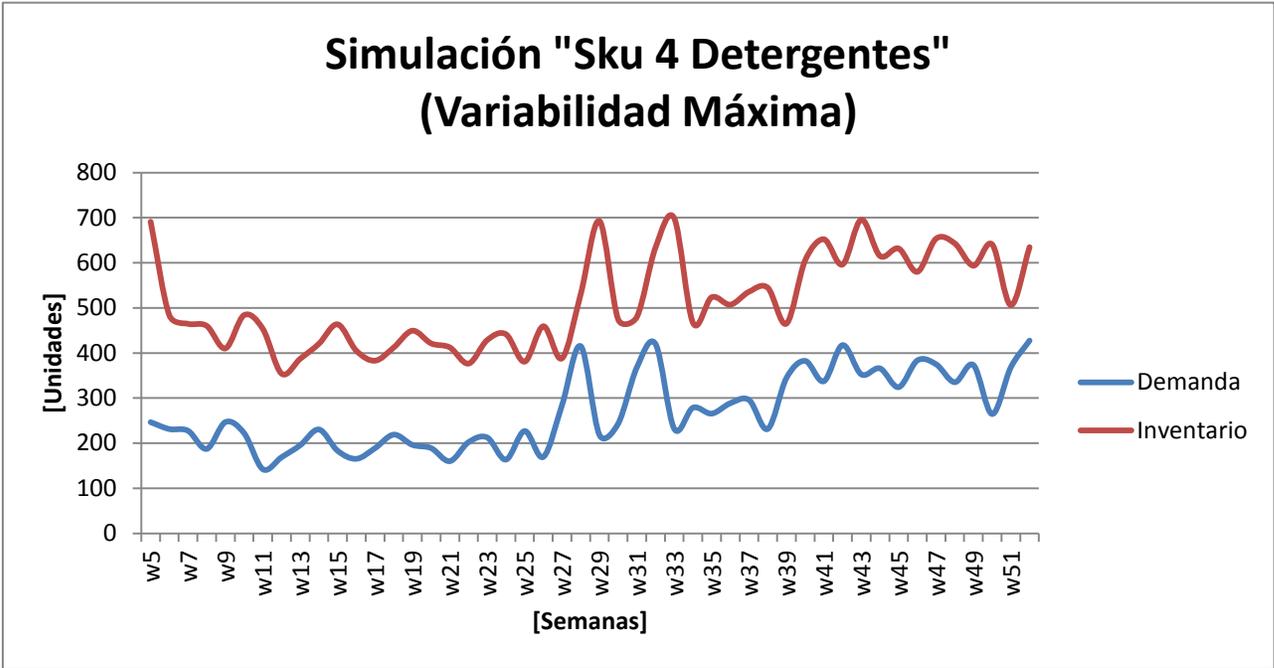


Ilustración 13.24: Simulación "Sku 4 Detergentes" (variabilidad máxima)

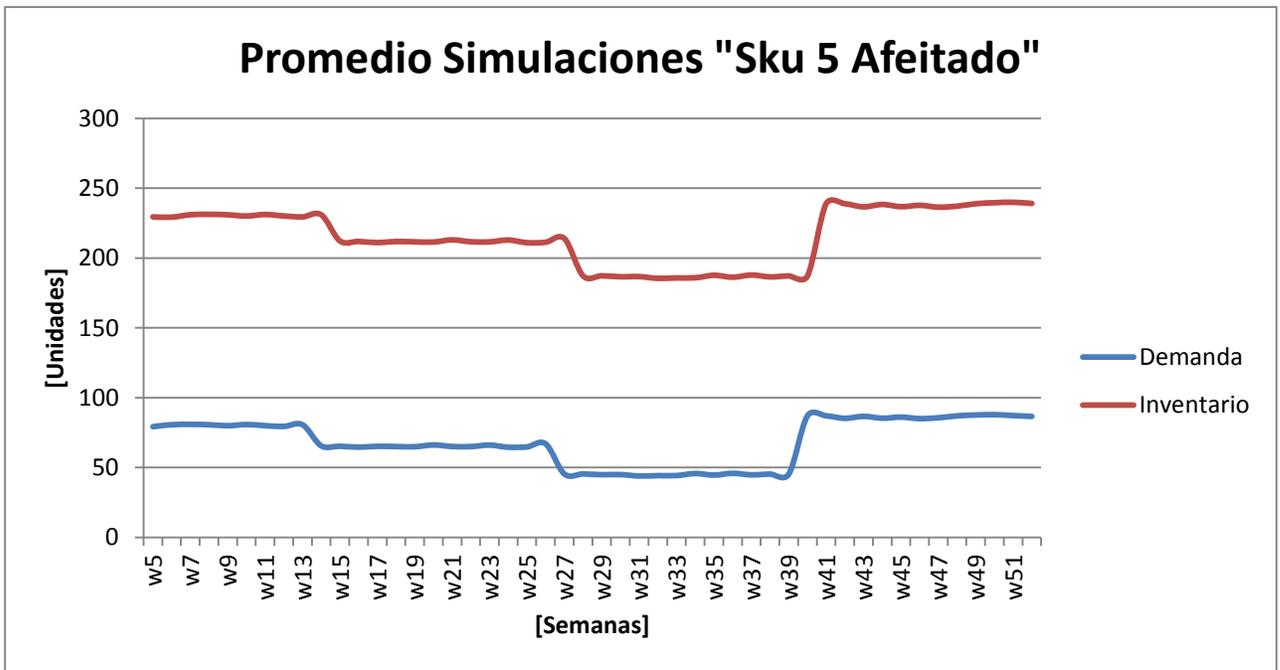


Ilustración 13.25: Promedio simulaciones "Sku 5 Afeitado"

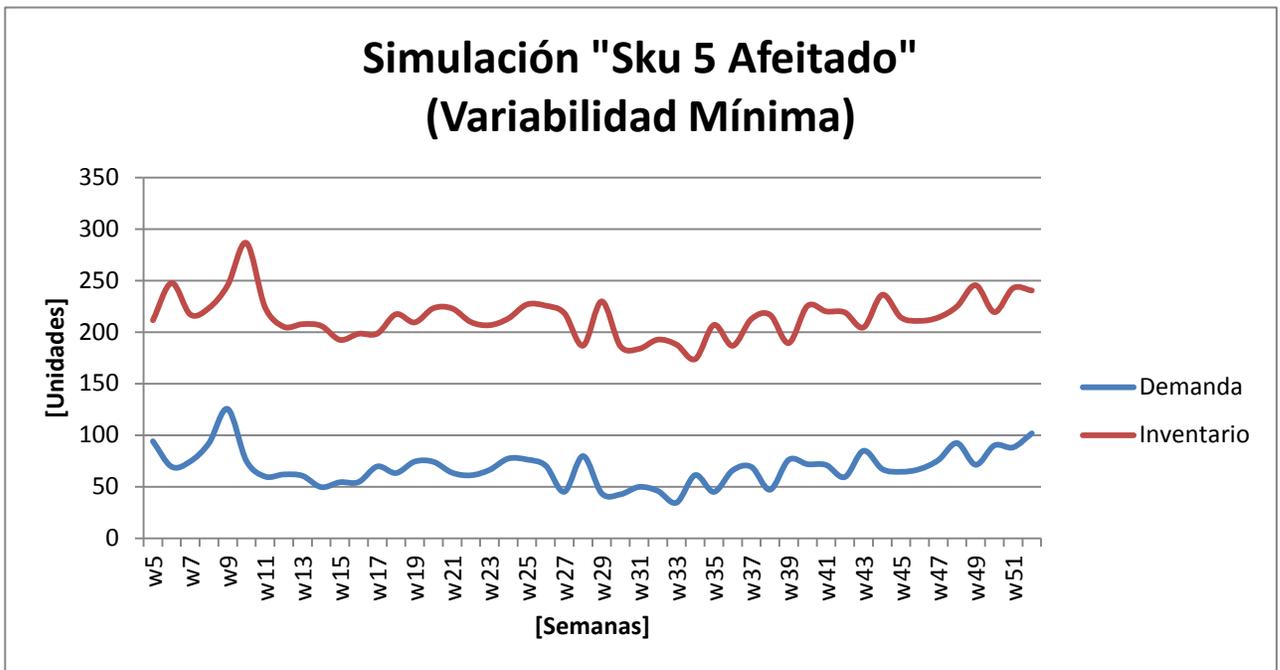


Ilustración 13.26: Simulación "Sku 5 Afeitado" (variabilidad mínima)

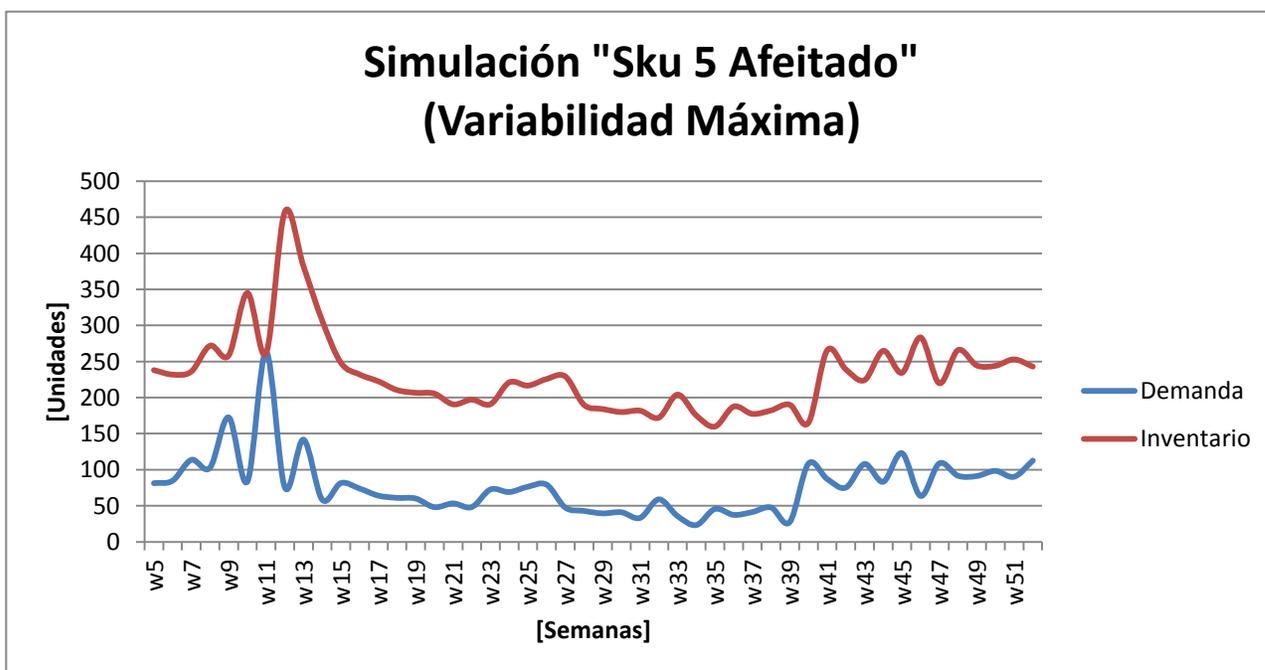


Ilustración 13.27: Simulación "Sku 5 Afeitado" (variabilidad máxima)

Como revelan los gráficos, al igual que los *stocks* obtenidos en el capítulo 12 para el año 2014, los inventarios resultantes para las distintas simulaciones de demanda futura se comportan prácticamente igual a esta última, de forma desfasada y agregando las componentes de seguridad y merma. Este comportamiento permite alcanzar una eficiencia muy superior a la obtenida con inventarios manejados de forma manual.

Por otro lado, es importante destacar que el factor de seguridad $s_t' = z\sigma'$ fue definido a partir de los datos históricos de ventas del año 2014, los cuales poseen una variabilidad bastante mayor a la arrojada por el escenario que muestra el promedio de demanda de las simulaciones. Por esta razón, se ve que en este último los inventarios son poco eficientes (se encuentran muy por sobre la demanda); si la demanda real de los artículos estudiados mostrara un comportamiento tan estable, el factor de seguridad resultante sería menor y a su vez, los inventarios serían más bajos.

Finalmente, se observa que para los escenarios de máxima variabilidad de la demanda, en algunos casos el sistema de gestión de inventarios no fue capaz de proporcionar la cantidad de producto necesaria para suplir los *outliers* de ventas.

Estos escenarios son particularmente útiles para ver el desempeño del modelo, debido a que en la realidad es posible que existan *peaks* considerables, aislados e imprevistos de ventas, gatillados por factores externos; por ejemplo, la huelga de una cadena perteneciente a la competencia.

13.4. Nivel de Servicio

Producto	Nivel de Servicio Promedio Simulaciones [%]
"Sku 1 Afeitado"	100%
"Sku 2 Afeitado"	100%
"Sku 3 Afeitado"	100%
"Sku 4 Afeitado"	100%
"Sku 5 Afeitado"	100%
"Sku 1 Detergentes"	100%
"Sku 2 Detergentes"	100%
"Sku 3 Detergentes"	100%
"Sku 4 Detergentes"	100%
Promedio	100%

Tabla 13.1: Nivel de Servicio Promedio Simulaciones [%]

Producto	Nivel de Servicio Simulación Variabilidad Mínima [%]
"Sku 1 Afeitado"	100%
"Sku 2 Afeitado"	100%
"Sku 3 Afeitado"	100%
"Sku 4 Afeitado"	100%
"Sku 5 Afeitado"	100%
"Sku 1 Detergentes"	100%
"Sku 2 Detergentes"	100%
"Sku 3 Detergentes"	100%
"Sku 4 Detergentes"	100%
Promedio	100%

Tabla 13.2: Nivel de Servicio Simulación Variabilidad Mínima [%]

Producto	Nivel de Servicio Simulación Variabilidad Máxima [%]
"Sku 1 Afeitado"	100%
"Sku 2 Afeitado"	99,6%
"Sku 3 Afeitado"	100%
"Sku 4 Afeitado"	99,0%
"Sku 5 Afeitado"	99,2%
"Sku 1 Detergentes"	100%
"Sku 2 Detergentes"	99,3%
"Sku 3 Detergentes"	100%
"Sku 4 Detergentes"	100%
Promedio	100%

Tabla 13.3: Nivel de Servicio Simulación Variabilidad Máxima [%]

Como se observa en las tablas, tanto para el promedio de demanda de las simulaciones como para la simulación con mínima variabilidad, el modelo entrega inventarios capaces de mantener un nivel de servicio de un 100% para todos los *sku's*.

Respecto a la simulación con máxima variabilidad, como se mencionó anteriormente, hubo *peaks* de demanda que los inventarios no fueron capaces de suplir, específicamente para los artículos "Sku 1 Detergentes", "Sku 2 Detergentes", "Sku 3 Afeitado", "Sku 4 Afeitado" y "Sku 5 Afeitado". Sin embargo, para todos ellos el nivel de servicio promedio se mantuvo igual o por sobre un 99%.

Con lo anterior, se obtiene una de los resultados fundamentales del estudio: el modelo es capaz de proporcionar el nivel de servicio estipulado por la cadena y por ende, cumple con el segundo pilar del objetivo principal establecido para el estudio.

13.5. Costo de Inventario

Producto	Inventario Inmovilizado Promedio Simulaciones [Unidades]	Inventario Inmovilizado Simulación Demanda Mínima [Unidades]	Inventario Inmovilizado Simulación Demanda Máxima [Unidades]
"Sku 1 Afeitado"	145	143	146
"Sku 1 Detergentes"	224	223	231
"Sku 2 Afeitado"	112	112	115
"Sku 2 Detergentes"	1.931	1.916	2.085
"Sku 3 Afeitado"	164	164	190
"Sku 3 Detergentes"	1.819	1.818	1.831
"Sku 4 Afeitado"	160	159	182
"Sku 4 Detergentes"	239	235	243
"Sku 5 Afeitado"	147	147	154
Total	4.941	4917	5.177

Tabla 13.4: Inventario inmovilizado en unidades para los distintos escenarios

Producto	Inventario Inmovilizado Promedio Simulaciones [\$]	Inventario Inmovilizado Simulación Demanda Mínima [\$]	Inventario Inmovilizado Simulación Demanda Máxima [\$]
"Sku 1 Afeitado"	\$908.280	\$895.752	\$914.544
"Sku 1 Detergentes"	\$2.408.806	\$2.398.053	\$2.484.082
"Sku 2 Afeitado"	\$446.746	\$446.746	\$458.712
"Sku 2 Detergentes"	\$20.996.922	\$20.833.818	\$22.671.456
"Sku 3 Afeitado"	\$1.064.032	\$1.064.032	\$1.232.720
"Sku 3 Detergentes"	\$15.273.779	\$15.265.382	\$15.374.541
"Sku 4 Afeitado"	\$702.976	\$698.582	\$799.635
"Sku 4 Detergentes"	\$1.530.747	\$1.505.128	\$1.556.366
"Sku 5 Afeitado"	\$1.179.058	\$1.179.058	\$1.235.203
Total	\$44.511.346	\$44.286.550	\$46.727.259

Tabla 13.5: Inventario inmovilizado en pesos para los distintos escenarios

Escenario	Disminución Inventario Inmovilizado [%]	Disminución Inventario Inmovilizado [\$]	Disminución Costo Oportunidad por Sobre Stock [\$]
Promedio Simulaciones	66%	\$79.511.904	\$7.633.143
Simulación Demanda Mínima	66%	\$79.736.700	\$7.654.723
Simulación Demanda Máxima	64%	\$77.295.991	\$7.420.415

Tabla 13.6: Disminución inventario inmovilizado y costo oportunidad por sobre *stock* resultante de las simulaciones

La tabla 13.6 muestra que para los tres escenarios elegidos, el modelo desarrollado permite disminuir en al menos un 64% (\$77.295.991) el inventario inmovilizado y por ende, los costos de oportunidad por sobre *stock* (estos últimos decrecerían al menos en \$7.420.415 respecto al escenario actual).

Respecto al costo de inexistencias, nuevamente se observa que serían nulos, para cualquiera de los tres escenarios escogidos.

Cabe recordar que sería posible encontrar una ecuación entre los costos por sobre inventario y por quiebres de *stock* que resultara en un costo de inventario total menor al obtenido. Sin embargo, esto implicaría un nivel de servicio menor. Es decir, el modelo minimiza los costos de inventario sujeto al menor nivel de servicio permitido por la empresa (99%).

14. Conclusiones

Las conclusiones más importantes obtenidas como resultado del trabajo desarrollado se muestran a continuación:

- Existe una clara incoherencia entre las ventas y los niveles de inventario actuales para los artículos y sala elegidos debido a la falta de un proceso formal de gestión.
- Los días de inventario actuales son elevados tanto para detergentes como para afeitado, especialmente para los segundos (23 y 70, respectivamente). Aquí se comprueba la primera hipótesis que se tenía respecto a la muestra a estudiar: los detergentes poseen inventarios más sanos que los artículos de afeitado.
- En base al estudio de la merma, se concluye lo siguiente:
 - Se comprueba la veracidad de la segunda hipótesis de la muestra: la merma de afeitado es mayor a la de detergentes (corresponde a 5% y 0%, respectivamente).
 - Se esclarece que la merma aumenta sustancialmente a fin de mes. Este último resultado podría utilizarse para un potencial plan anti-merma en el futuro.
 - Se recomienda a la cadena realizar el proceso de estimación de merma una vez al año por separado para cada sala, debido a la dificultad y esfuerzo que conlleva el estudio y a la naturaleza diversa de cada una de las tiendas.

- Los resultados obtenidos luego de la creación, parametrización y prueba de los modelos de gestión de inventario (utilizando como *input* la demanda histórica) fueron los siguientes:
 - Inventarios alineados con las ventas, donde los primeros muestran un comportamiento similar y desfasado de las segundas.
 - Reducción inventarios y DOH totales de un 46% (67% en afeitado y 42% en detergentes).
 - El nivel de servicio se mantuvo en un 100% para todos los artículos estudiados.
 - Reducción del *stock* inmovilizado (y por ende, del costo de oportunidad por sobre *stock*) en un 64%. Esto implica una disminución del costo de oportunidad por sobre *stock* en \$7.595.703.
 - El costo de inventarios obtenido es el menor posible sujeto a mantener un nivel de servicio sobre un 99% en todo momento. Cabe destacar que, en caso de no existir dicha restricción, sería posible encontrar una ecuación que permitiera disminuir aún más los costos de inventario. Sin embargo, esta supondría incurrir en una mayor cantidad de quiebres.
- Respecto a la simulación, el modelo de gestión de inventarios creado mostró ser exitoso para los tres escenarios elegidos (promedio simulaciones, máxima y mínima variabilidad) en cuanto al nivel de servicio resultante. A pesar de que los escenarios de variabilidad máxima supusieron mayores dificultades para el sistema, este sostuvo el nivel de servicio de cada *sku* por sobre un 99%.

- Con lo anterior, se esclarece que el sistema de control de *stocks* desarrollado cumple con los objetivos principales estipulados para el trabajo: reducir los inventarios existentes, manteniendo un buen nivel de servicio en góndola.
- Finalmente, se recomienda replicar el trabajo realizado para el universo de salas y artículos restantes de forma gradual y teniendo en consideración las distintas naturalezas de las categorías, tiendas, entre otras.

15. Bibliografía

[1] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS CHILE. 2015. Índice de Ventas de Supermercados: Base Promedio Año 2009. [en línea] http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/estadisticas_economicas/supermercados/series_estadisticas/series_estadisticas.php [consulta: 15 de marzo de 2015].

[2] SCHROEDER, R. G. 1992. Administración de operaciones. Tercera edición. McGraw-Hill. 874p.

[3] CENCOSUD S.A. 2014. Estados Financieros diciembre 2014. [en línea] http://www.cencosud.com/wp-content/files_mf/estadosfinancierosdiciembre2014.pdf [consulta: 18 de marzo de 2015].

[4] GRUEN, T. W., CORSTEN, D. y BHARADWAJ, S. 2002. Retail Out-of-Stocks: A Worldwide Examination of Causes, Rates, and Consumer Responses. [en línea] http://itsoutofstock.com/wp-content/uploads/2013/04/GMA_2002_-_Worldwide_OOS_Study.pdf [consulta: 29 de marzo de 2015].

[5] TAPIA, M. J. 2013. Centros comerciales triplican márgenes aportados por supermercados. [en línea] <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=110807> [consulta: 2 de abril de 2015].

[6] CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. 2009. Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministros. Duodécima edición. McGraw-Hill. 800p.

[7] BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. y COOPER, M. B. 2002. Supply Chain Logistics Management. Primera edición. McGraw-Hill. 680p.

[8] NARANJO, M. J. 2006. Manejo de Inventarios de una Cadena de Supermercados. Tesis de Magíster en Gestión de Operaciones. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 55p.

[9] TORAL, J. M. 2008. Política de Inventario con Pronósticos de Demanda para una Empresa de Venta de Neumáticos. Tesis de Magíster en Gestión de Operaciones. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 94p.

[10] ROSS, S. 2012. A First Course in Probability. Novena edición. Pearson. 530p.

16. Anexos

16.1. Distribuciones de Probabilidad de la Demanda

Para determinar la distribución de probabilidad de la demanda de cada producto, se utilizó como *input* la data histórica del 2014, agrupando la data en períodos de tres meses y determinando la distribución de probabilidad de cada uno de estos.

A modo de ejemplo, se muestran las distribuciones y parámetros obtenidos para el "Sku 1Afeitado":

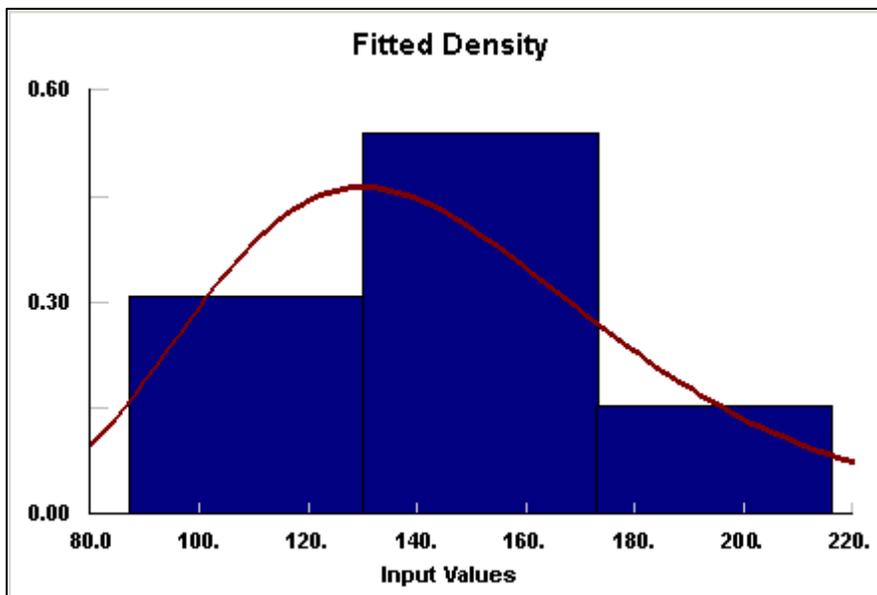


Ilustración 16.1: Gráfico distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado" (semanas 1-13)

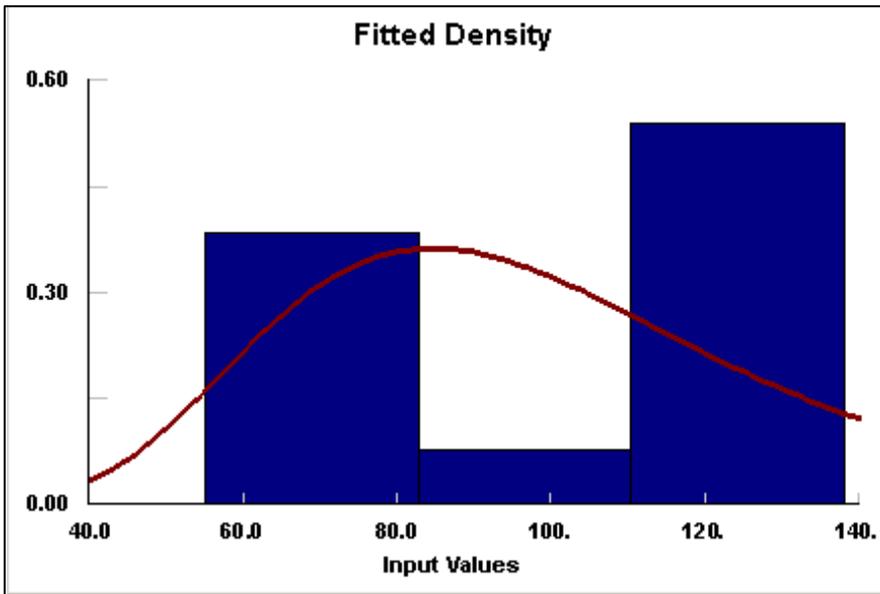


Ilustración 16.2: Gráfico distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado" (semanas 14-26)

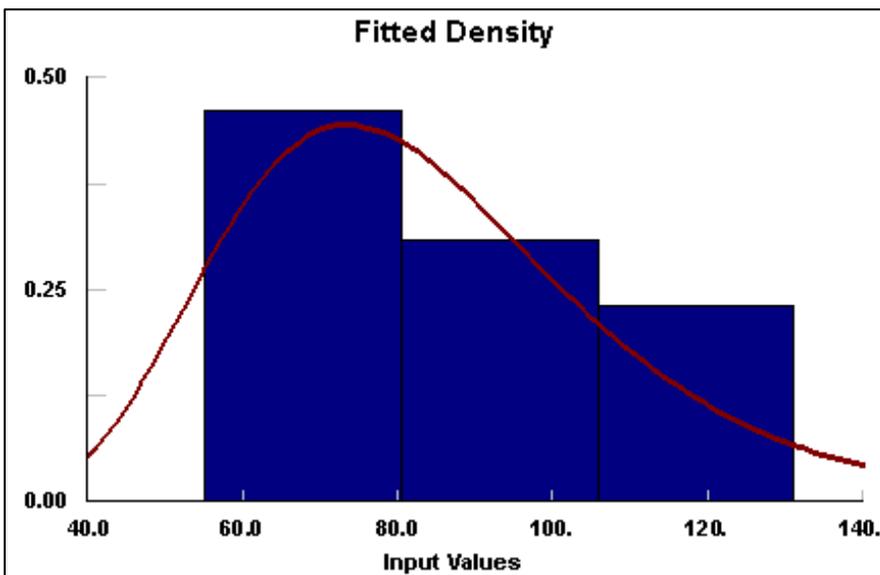


Ilustración 16.3: Gráfico distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado" (semanas 27-39)

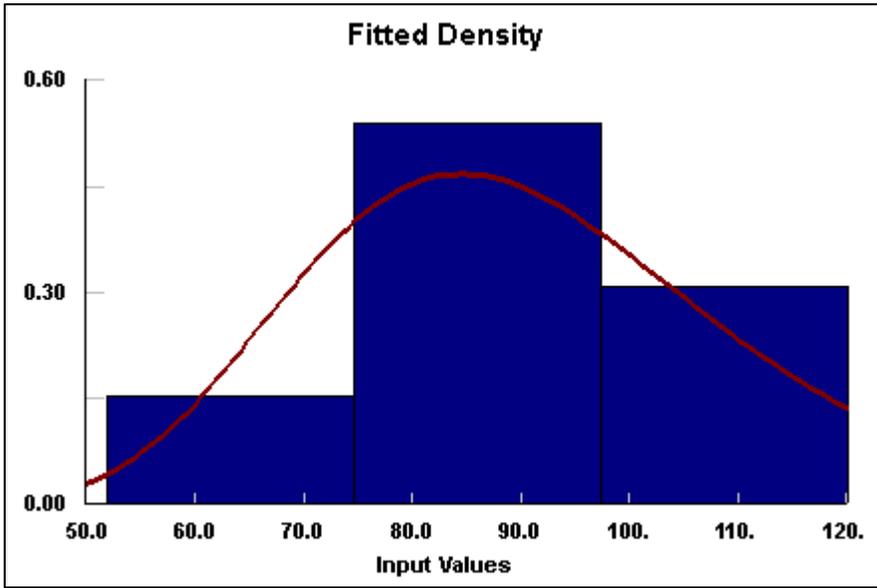


Ilustración 16.4: Gráfico distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado" (semanas 40-52)

Período	Producto	Distribución	μ	σ
Semanas 1-13	"Sku 1 Afeitado"	lognormal	4,94	0,275
Semanas 14-26	"Sku 1 Afeitado"	lognormal	4,55	0,339
Semanas 27-39	"Sku 1 Afeitado"	lognormal	4,39	0,296
Semanas 40-52	"Sku 1 Afeitado"	lognormal	4,49	0,223

Tabla 16.1: Parámetros distribución de probabilidad de la demanda "Sku 1 Afeitado"