



**MODELO DE DECISIÓN PARA LA SUBCONTRATACIÓN Y COMPRA DE
ELEMENTOS EN UNA EMPRESA DE ALQUILER PARA EVENTOS**

PROYECTO DE GRADO

NATALIA ANDREA OLAYA OSORIO

DIANA FERNANDA VILLALBA AGUADO

Asesor de Investigación

FERNANDO QUINTERO MORENO

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

**MODELO DE DECISIÓN PARA LA SUBCONTRATACIÓN Y COMPRA DE
ELEMENTOS EN UNA EMPRESA DE ALQUILER PARA EVENTOS**

**NATALIA ANDREA OLAYA OSORIO
DIANA FERNANDA VILLALBA AGUADO**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

**MODELO DE DECISIÓN PARA LA SUBCONTRATACIÓN Y COMPRA DE
ELEMENTOS EN UNA EMPRESA DE ALQUILER PARA EVENTOS**

**NATALIA ANDREA OLAYA OSORIO
DIANA FERNANDA VILLALBA AGUADO**

**Trabajo de grado para optar al título de
Profesional en Ingeniería Industrial**

**TUTOR TEMÁTICO DEL PROYECTO
Fernando Quintero Moreno
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2012**

CONTENIDO

	pág.
1. MODELO DE DECISIÓN	11
1.2 PROBLEMA A TRATAR	11
1.2.1 Contextualización	11
1.2.2 Elementos	12
1.2.3 Formulación	12
1.2.4 Análisis del problema	13
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	15
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.4.1 Tipo de investigación.....	15
1.4.2 Espacio	16
1.4.3 Tiempo	16
1.4.4 Impacto	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	17
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. MARCO DE REFERENCIA.....	18
3.1 ANTECEDENTES.....	18
3.2 MARCO TEÓRICO	19
3.2.1 Generalidades de la empresa	19
3.2.2. Portafolio de servicios	20
3.2.3. Análisis del sector	20
3.2.4. Sistemas productivos	21
3.2.5. Sistemas de Servicios	22
3.2.6 Pronósticos	22
3.2.7. Método Winters Multiplicativo.....	26
3.2.8 Inventarios.....	30
3.2.9 Factores en la toma de decisiones.....	31

3.2.10 Clasificación ABC.....	36
3.3 APORTE INTELECTUAL DEL INVESTIGADOR.....	38
4. METODOLOGÍA	39
5. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	40
5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	40
5.2 CLASIFICACIÓN ABC DE LOS ÍTEMS	43
5.2.1 Propuestas de control de los ítems clase A	46
5.3 SISTEMAS DE PRONÓSTICOS	48
5.3.1 Análisis de tendencia	60
5.3.2 Descomposición	61
5.3.3 Resumen de pronósticos 2013 para ítems TIPO A	73
5.3.4 Análisis de pronósticos.....	74
5.3.5 Nivel de Inventario Ideal.....	79
5.4 MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES DE COMPRA O SUBCONTRACIÓN	81
5.4.1 Modelo en OpenSolver.....	82
5.4.2 Modelo de simulación dinámica en Vensim	94
6. CONCLUSIONES	106
7. RECOMENDACIONES	107
8. INVESTIGACIONES FUTURAS	108
ANEXOS	109
BIBLIOGRAFÍA	119
GLOSARIO.....	121

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Análisis causa - efecto	14
Ilustración 5. Ejemplo patrón de demanda con sistema de pronóstico recomendado.	25
Ilustración 6. Ejemplo de patrón de demanda estacional que depende del tiempo.	27
Ilustración 7. Ejemplo clasificación ABC	37
Ilustración 8. Diagrama de flujo del proceso de alquiler de artículos en Arco Iris Ltda.	42
Ilustración 9. Datos históricos - Carpa 6X12.	50
Ilustración 10. Datos históricos – Sillas adulto sin brazo.	51
Ilustración 11. Datos históricos – Forros para sillas.	52
Ilustración 12. Datos históricos – Sillas tiffany.	53
Ilustración 13. Datos históricos - Carpa 6X6.	54
Ilustración 14. Datos históricos - Carpas 4X4.	55
Ilustración 15. Datos históricos – Mesas dobles ejecutivas.	56
Ilustración 16. Datos históricos – Mesas tablón.	57
Ilustración 17. Datos históricos – Sobremantel.	58
Ilustración 18. Datos históricos – Mesas faldón tablón.	59
Ilustración 19. Pronóstico estacional 2013 - Carpa 6X12.	63
Ilustración 20. Pronóstico estacional 2013 – Sillas adulto sin brazo.	64
Ilustración 21. Pronóstico estacional 2013 – Forros para sillas.	65
Ilustración 22. Pronóstico estacional 2013 – Sillas tiffany.	66
Ilustración 23. Pronóstico estacional 2013 - Carpa 6X6.	67
Ilustración 24. Pronóstico estacional 2013 – Carpa 4X4.	68
Ilustración 25. Pronóstico estacional 2013 – Mesas dobles ejecutivas.	69
Ilustración 26. Pronóstico estacional 2013 – Mesas tablón.	70
Ilustración 27. Pronóstico estacional 2013 – Sobremantel.	71
Ilustración 28. Pronóstico estacional 2013 – Mesas faldón tablón.	72
Ilustración 29. Distribución de la demanda semanal para los periodos entre semana y los fines de semana.	77
Ilustración 30. Distribución de la demanda semanal en el mes de diciembre.	79
Ilustración 31. Comportamiento de las compras y subcontratación	93
Ilustración 32. Resultado de la función objetivo	94
Ilustración 33. Planteamiento del modelo en Vensim.	95
Ilustración 34. Tabla de pronósticos en Vensim-Silla adulto sin brazo.	96
Ilustración 35. Inventario Ideal.	100
Ilustración 36. Inventario sillas periodo actual.	101
Ilustración 37. Inventario requerido	101

Ilustración 38. Comportamiento de las compras, el flujo de caja y la capacidad disponible de bodega	102
Ilustración 39. Comportamiento de la subcontratación.....	103
Ilustración 40. Comportamiento del costo de oportunidad acumulado vs el costo de oportunidad por venta perdida.....	104
Ilustración 41. Costo de compra y subcontratación.....	105
Ilustración 42. Ejemplo de formato horizontal.....	121
Ilustración 43. Ejemplo de diagrama de influencia.	122
Ilustración 44. Ejemplo diagrama de Pareto.....	123

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación ABC, ítems tipo A.	45
Tabla 2. Pronósticos 2013 para Carpas 6X12, Silla adulto sin brazo, Forros para sillas, Sillas Tiffany y Carpas 6X6.	73
Tabla 3. Pronósticos 2013 para Carpas 4X4, Mesas dobles ejecutivas, Mesas tablón, Sobremantel y Mantel faldón tablón.	74
Tabla 4. Situaciones que generan estacionalidad en cada periodo.	75
Tabla 5. Parámetro diferenciador β de semanas pico.	75
Tabla 6. Conjuntos del modelo.....	83
Tabla 7. Cantidad a comprar y subcontratar mensualmente.....	92

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO 1. Demanda anual de los productos.....	109
ANEXO 2. Clasificación ABC.....	112
ANEXO 3. Datos históricos de demanda.....	117

INTRODUCCIÓN

Para una empresa de alquiler y decoración de eventos sociales o corporativos es fundamental establecer niveles de inventarios que le permitan cubrir la demanda de manera satisfactoria, procurando una utilización frecuente de sus artículos, cuantificada en una pertinente tasa de rotación, con el objetivo de alcanzar un mayor aprovechamiento del nivel de inventario. Sin embargo, los patrones de una demanda variable con ciclos estacionales, pueden generar incertidumbres en la toma de decisiones en la adquisición de los artículos. Cumplir con la demanda inmediata a partir de una ampliación del inventario propio no necesariamente es pertinente en el tiempo si la frecuencia de alquiler es reducida.

Un factor estratégico en el posicionamiento de la empresa es desplegar una imagen de respaldo y cubrimiento ilimitado que brinde sostenibilidad y genere lealtad en el largo plazo de parte de los clientes. Dentro de esa lógica, se hace necesario cubrir contratos con productos alquilados a competidores (subcontratados) y asumir margen cero, con la perspectiva de asegurar o conservar un cliente a futuro.

Este proyecto se enmarca en el desarrollo de un modelo de programación matemática que permita soportar decisiones de compra y subcontratación para la empresa Eventos Arco Iris Ltda., considerando restricciones presupuestales y de capacidad de almacenamiento, tiempo de vida útil y balances de costos de subutilización del inventario frente a costos de oportunidad por reducción o eliminación del margen al subcontratar. La dinámica anual del mercado y las variaciones de la demanda dentro de una misma semana intentan ser representadas en el modelo.

En una ampliación y mejor representación de la dinámica, se desarrolla un modelo de dinámica de sistemas donde se prioriza comprar bajo restricciones de flujo de caja y almacenamiento y el excedente de la demanda se logra cubrir con subcontratación.

Adicionalmente, como herramienta de soporte y a la vez, entrada del modelo, el proyecto lleva a cabo la clasificación ABC de ítems y la implementación de modelos de pronósticos que validen la mejor estimación de la demanda para los de categoría A.

1. MODELO DE DECISIÓN

1.2 PROBLEMA A TRATAR

A continuación se plantea por medio de la contextualización, formulación y análisis del problema la situación a mejorar en la empresa de alquiler de artículos para el montaje de eventos, y la cual da origen al modelo de decisión.

1.2.1 Contextualización

Toda empresa encara una estrategia de nivel de servicio, que encara el reto de mantener una disponibilidad continua en la disposición del portafolio de servicios ofrecidos. La empresa Arco Iris Ltda., es una empresa que actualmente ofrece los servicios de apoyo para la realización de eventos sociales y corporativos, por medio de la prestación de elementos tales como sillas, mesas, carpas, mantelería, menaje entre otros. Esta continuidad en la prestación del servicio exige que los compromisos que se adquieran con los clientes no se puedan alterar, independientemente de la demanda acumulada con otros eventos debido a la estrategia de cumplimiento 100%. La empresa tiene como estrategia principal brindar una imagen de amplia cobertura de tal manera que siempre un cliente sepa que puede en cualquier momento contar con el servicio. En otras palabras, es vender una imagen de inventario inagotable e ilimitado.

Por la anterior razón, la empresa se ve expuesta en muchas ocasiones a tomar prontas decisiones como son:

1. Subcontratación: sí en el momento de asegurar un contrato el aprovisionamiento total o parcial no es posible, se subcontrata inmediatamente asumiendo un margen cero de utilidad del negocio. La idea es asegurar el alquiler ante el cliente con el fin que se genere una fidelidad a largo plazo a partir del respaldo otorgado, aun así la utilidad se vea afectada.
2. Compras: sí no está disponible la primera opción recurre a comprar los elementos faltantes. Esta decisión demanda un fortalecido flujo de caja del negocio y genera un inventario base que debe tener una posibilidad real de uso en el tiempo con el fin de no caer en la subutilización. Para tener mejor

criterio de evaluación de uso, se hace primordial con pronósticos confiables que la empresa actualmente no posee.

1.2.2 Elementos

Las dificultades que se presentan en la administración de la información que deben dar soporte a los procesos transaccionales y de decisión, son:

- **Falta de planeación en capacidad de respuesta:** la planeación de los inventarios debe estar soportada por predicciones de la demanda, considerando los patrones que la determinan para optar por la decisión que mejor abarque su variabilidad exógena. La empresa actualmente carece de un sistema de registro de demandas y cualquier información se suscribe a una base de datos física de facturación.
- **Inexistencia de un control de inventarios:** la empresa no cuenta con un sistema de información que actualice el nivel de inventarios en tiempo cuasi real. Esto impide que se conozcan los faltantes en el inventario o se tenga un registro de salidas de unidades por obsolescencia y/o deterioro. Por ende, cuando se presenta el momento de tomar decisiones, el soporte informativo es precario y puede causar acciones erróneas que alteran el nivel de inventario.

1.2.3 Formulación

La empresa actualmente no sabe sobre que criterios debe tomar decisiones de compra y/o subcontratación, más aún si en el tiempo se presenta una variabilidad de la demanda, ni siquiera estimada. La falta de definición de los criterios y el carente análisis de la dinámica del sistema conllevan a una oportunidad de mejorar los resultados financieros en relación a una política de rotación de los inventarios y capacidad permanente de respuesta al cliente.

1.2.4 Análisis del problema

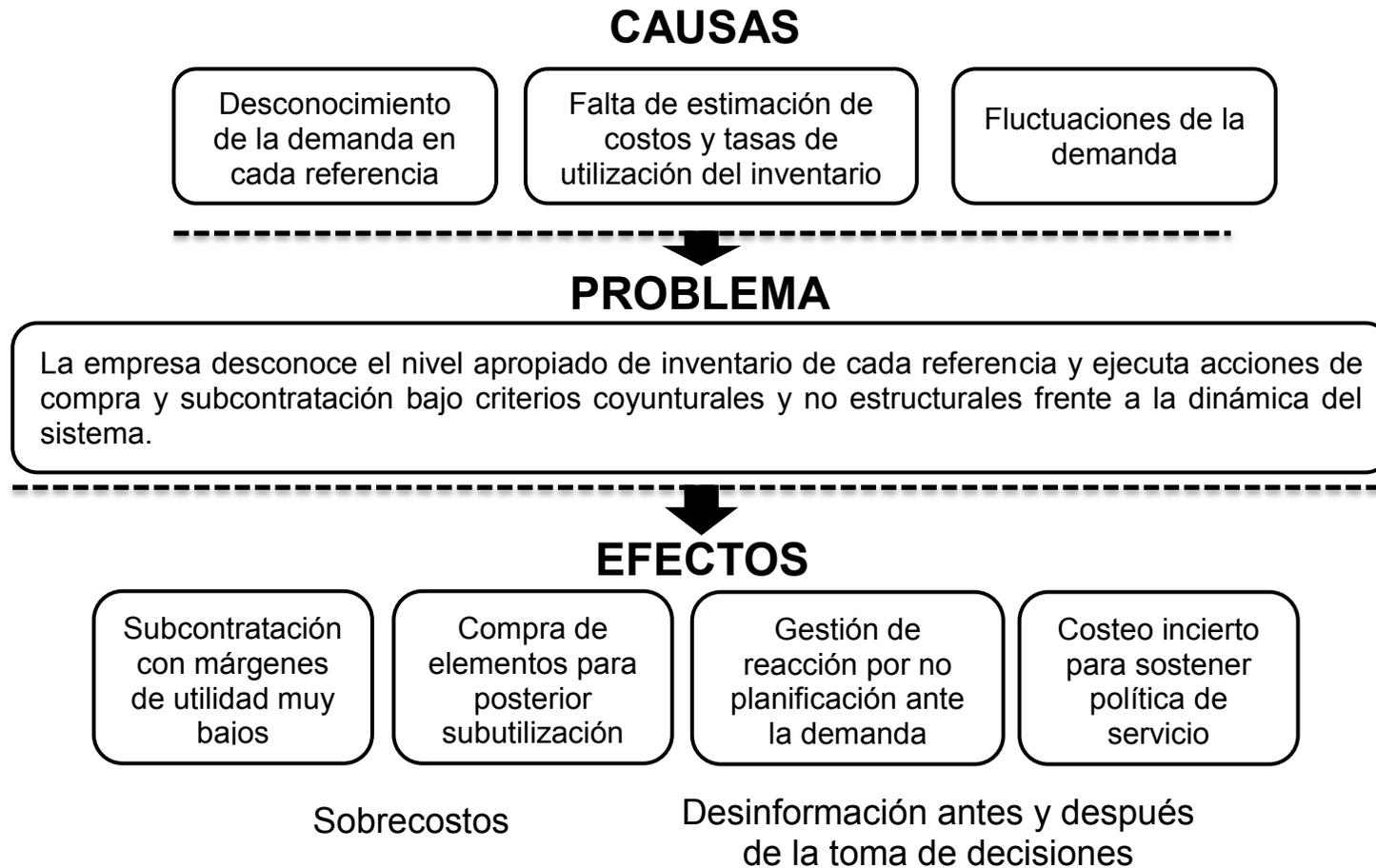
La falta de un modelo que permita comparar los beneficios y desventajas de cada una de las opciones que buscan satisfacer el 100% de la demanda, puede estar generando un inapropiado nivel de inventario que solo logra su mejor utilización en esporádicos picos de demanda en el año, al tiempo que emplea espacios de almacenamiento, recursos para el mantenimiento y control de inventario, o por el otro lado, un bajo nivel de inventario que con cierta frecuencia obliga a subcontratar, afectando el estado de ganancias de la empresa al eliminar el margen de ganancias. Desde siempre, la empresa ha ejecutado acciones sin una planeación de costos y como respuesta a necesidades coyunturales que impone una política de servicio no evaluada financieramente, pero que ha permitido un crecimiento sostenible de su actividad, priorizando el compromiso y lealtad con los clientes.

La periodicidad de la decisión debe estar enmarcada en una jerarquía táctica con una representación fiable de la dinámica de la demanda, restringiendo a una capacidad única de almacenamiento para un horizonte confiable de pronósticos, y adicionalmente estableciendo políticas presupuestales para la adquisición de nuevas unidades de los artículos. Un razonamiento financiero y operativo debe conllevar al establecimiento de un rango de tasa de rotación tolerable, acotado por una tasa máxima limitada por el tiempo y por una tasa mínima esperada dentro del retorno de la inversión a un término de tiempo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se debe proceder a delimitar el alcance del trabajo de pronósticos, dado el significativo número de ítems ofertados, para priorizar en la categoría A de los que representan el mayor aporte acumulado de los ingresos. El modelo se estructura y se verifica en su lógica de costos, y debe ser estándar para cualquier tipo de referencia que se quiera evaluar en la planeación de inventarios.

La ilustración número 1 sintetiza la relación de causa-efecto del problema, sobre la cual se plantean los objetivos del proyecto y el marco metodológico.

Ilustración 1. Análisis causa - efecto



Elaboración propia.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Arco Iris Ltda., como empresa dedicada al alquiler y montaje de elementos utilizados en la realización logística de eventos sociales y corporativos, debe competir en un mercado con mínimas barreras de entrada a competidores, donde se busca proyectar y validar una misión de compromiso y efectividad en la prestación del servicio. Por ende, el éxito de este tipo de empresas se encuentra en mantener un alto nivel de servicio, en cada uno de los artículos de su portafolio, presentando unidades en buen estado y cumpliendo siempre con las demandas de cantidades y tipos de artículos requeridos por los clientes.

Dada la variabilidad de la demanda en el tiempo, con posibilidades adicionales de cancelaciones o apariciones de eventos de última momento, se constituye un reto el alcanzar una satisfacción inmediata y oportuna de toda la demanda. Ante este panorama, la ingeniería industrial brinda técnicas de soporte a la planeación del servicio, que en este caso se suscribe a la mejor predicción de tiempos y cantidades requeridas, y al establecimiento adecuado de niveles de inventario orientados a un cumplimiento efectivo del 100% de la demanda, a un costo razonable.

La aplicabilidad de las técnicas de ingeniería permite dar soporte a un esquema de planeación de recursos, enmarcado dentro de unas metas financieras y de servicio. La razón principal del proyecto es poner al servicio de una empresa con un sistema precario de información, elementos de implementación que le permitan generar fortalezas operativas que redunden en beneficios económicos que hagan sostenible su permanencia y crecimiento en el mercado.

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Tipo de investigación

Este proyecto es de investigación descriptiva de tipo Industrial aplicado de la línea de diseño y gestión de los sistemas de manufactura aplicado al sector de servicios.

1.4.2 Espacio

Su desarrollo fue llevado a cabo para la empresa Arco Iris Ltda., ubicada en la carrera 39 #8 – 25, la cual presta el servicio de alquiler, transporte y montaje de elementos utilizados en la realización de eventos sociales o corporativos.

1.4.3 Tiempo

El proyecto se desarrolló a lo largo del año 2012, en el cual se llevó a cabo la planeación y documentación necesaria y el cumplimiento de los objetivos establecidos.

1.4.4 Impacto

Su contribución al sector radica en encontrar oportunidades de mejora en las operaciones de una empresa de servicios, fundamentalmente en el área de pronósticos de demanda y control de inventarios. Se hace énfasis igualmente en la necesidad de considerar la variabilidad de la demanda frente a los tiempos de reposición del inventario, aspecto poco estudiado en el sector de actividad en el que la empresa Arco Iris Ltda. se desempeña.

Adicional a esto, los ingenieros industriales estarán en capacidad de reconocer la importancia y de aplicar los conocimientos de planeación en el diseño de operaciones, en este caso en las áreas de servicio. Respecto a la universidad su aporte consiste en fomentar la participación y creación de nuevos y diversos proyectos encaminados a integrar los procesos de ingeniería en el sector de servicios.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar y establecer oportunidades de mejora en una empresa que presta servicio de alquiler de productos.

2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Desarrollar un modelo de toma de decisiones de compra o subcontratación en una empresa de alquiler de artículos para el soporte logístico de eventos.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Clasificar y seleccionar los ítems de la empresa que representan más importancia en el flujo de caja.
- Establecer modelos de pronósticos para los ítems tipo A, teniendo en cuenta la rotación de los mismos.
- Desarrollar un modelo que permita balancear las decisiones de compra versus las decisiones de alquiler, que minimice el impacto en el costo de capital conservando la estrategia de cumplimiento total de la demanda.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

Dentro de los estudios realizados respecto al tema de esta investigación se presentan dos ejes temáticos, los cuales son la base para comprender, analizar y desarrollar el modelo que es objeto de este estudio. Dichos ejes temáticos son los pronósticos y el control de inventarios, los cuales a diferencia de otras investigaciones se enmarcan en el sector de servicios, específicamente en el alquiler de artículos para el montaje de eventos.

A continuación se mencionan las tesis, artículos y libros que se consideran importantes para el desarrollo de este proyecto.

- **Planeación, optimización y administración de cadenas de abastecimiento**

Elaborado por Carlos Julio Vidal Holguín de la facultada de Ingeniería de la Universidad del Valle. Este texto se presenta como una referencia integral en el diseño de redes de suministro donde un elemento primordial es el estudio de sistema de control de inventarios, y el tema de pronósticos de demanda como variable de entrada de los modelos logísticos. Igualmente, se resalta la importancia de los temas de administración de inventarios, del papel de las tecnologías de información en la cadena de abastecimiento y de la interrelación entre los componentes de la misma, como elementos primordiales para el manejo integral de los inventarios en cualquier organización.

- **Planeación y control de la producción**

Elaborado por Daniel Sipper del departamento de Ingeniería industrial de la Universidad de Tel Aviv, y Robert L. Bulfin Jr., del departamento de Ingeniería industrial y de sistemas de la Universidad de Auburn. Este texto analiza los sistemas de producción, el esqueleto dinámico de la manufactura y el servicio.

Sirve como referencia para el estudio de gestión y control de inventarios, ya que se enfoca en el control e integración como componentes vitales de los sistemas de producción, los cuales sin una planeación no podrían contribuir a que el negocio sea competitivo en el mercado global actual. Igualmente se resalta que el entorno de la producción se encuentra en cambio continuo por lo que se integran los sistemas de producción con temas de ingeniería y administración, para hacer una evaluación de las necesidades futuras. Adicionalmente se cubre desde la evolución de los sistemas productivos hasta la planeación y control de la producción, pasando por la solución de problemas, los pronósticos, la planeación agregada, los inventarios, la planeación de requerimientos de materiales, programación y administración de proyectos.

- **Plan de Marketing Sector de eventos sociales**

Esta investigación fue elaborada por Daniel Cardona, Laura Vásquez y Natalia Olaya en la universidad Icesi en el año 2011, para la materia de fundamentos de mercadeo, en la cual se presenta un estudio detallado de la descripción del mercado de eventos. Esta investigación sirve como base para comprender las características del sector, los segmentos y necesidades del mercado, el comportamiento y el crecimiento del sector con el fin de facilitar el análisis del comportamiento de la demanda, y de los pronósticos para el control de sus inventarios.

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 Generalidades de la empresa

Eventos Arco Iris es una empresa creada en la ciudad de Cali en el año de 1990, se dedica a la prestación de servicios en el sector de alquiler y decoración de artículos requeridos para la realización de eventos sociales o eventos corporativos. En un principio fue reconocida como la empresa líder en el sector de eventos, debido a su innovación al incorporar en el mercado productos extranjeros. Con el paso del tiempo se ha enfrentado a un acelerado crecimiento del mercado, lo que ha traído como consecuencia gran variedad de competencia. Sus clientes principales han permanecido con la empresa debido a la tradición y fidelidad que tienen con la misma, por lo cual, la empresa se preocupa por mantener un buen servicio que permita a sus clientes antiguos continuar siendo

fieles a la empresa y que a la misma vez le permita a Eventos Arco Iris acoger nuevos clientes que requieran del servicio.

Sus clientes principales son decoradores, personas dedicadas y especialistas en la organización de eventos, así como también corporaciones que requieren de sus servicios para diferentes eventos empresariales y particulares. La empresa cuenta con una sede principal donde se atienden las llamadas y requerimientos de los clientes, y ahí mismo se almacenan algunos productos. Adicional a esta sede, cuenta con una bodega donde protege los productos que requieren de mayor espacio de almacenamiento.

3.2.2. Portafolio de servicios

La empresa cuenta con 114 productos diferentes, los cuales se agrupan en 9 categorías que son:

1. Sillas
2. Mesas
3. Mantelería
4. Cristalería
5. Vajilla
6. Cubiertos
7. Línea de Acero
8. Carpas
9. Artículos para decoración

La empresa cuenta con personal calificado y capacitado en el desarrollo de los servicios que presta, es decir, en la atención al cliente, la adecuación, montaje, mantenimiento diario y el transporte de los productos para el alquiler. Este último se realiza con vehículos propios, y hacen la doble tarea de entregar y recoger lo artículos alquilados.

3.2.3. Análisis del sector

El mercado de la realización de eventos es un mercado creciente y en desarrollo, debido a que en Cali se está dando gran importancia al ámbito social. Las

personas están dispuestas a invertir en experiencias que les permita mejorar sus relaciones sociales, de igual forma las empresas cada vez más se preocupan por fortalecer el clima laboral, lo cual ha llevado a darle mayor importancia a sus trabajadores y reconocerles días especiales, tales como la navidad, fiesta de los niños, cumpleaños de la empresa, entre otros eventos considerados como corporativos.

Los elementos utilizados para la realización de estos eventos no son de uso o volumen común y cotidiano, por lo que surge la necesidad de prestar el servicio de alquiler de estos artículos evitando así que tanto las empresas, como las personas interesadas en organizar un evento incurran en elevados gastos si decidieran realizarlo por sus propios medios y no con una empresa especializada como Eventos Arco Iris. De esta forma se facilita y se fomenta el desarrollo de este tipo de actividades sociales.¹

3.2.4. Sistemas productivos

Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo común. Cada sistema existe dentro de otro más grande, por lo tanto un sistema puede estar formado por subsistemas y partes, y a la vez puede formar parte de un supra sistema.

Estos sistemas son los responsables de la producción de bienes y servicios en las organizaciones, ya que tienen la capacidad de involucrar las actividades y tareas diarias de adquisición y consumo de recursos. Una organización es un sistema continuo de actividades humanas diferenciadas y coordinadas que utilizan, transforman y unen un conjunto de recursos dentro de un todo, capaz de resolver problemas y satisfacer necesidades y deseos humanos en interacción con otros sistemas de actividades y recursos en un entorno determinado.

Un sistema productivo también se puede ver dentro de contextos diferentes al industrial o manufacturero, como en los servicios donde las entradas de materia prima, insumos y recursos ya no se transforman en productos finales sino que se convierten en un valor agregado ya que no se limita solo a la producción física.²

¹ (Cardona, Vazques, & Olaya, 2011)

² (Velázquez Mastretta, 2008)

3.2.5. Sistemas de Servicios

El sector servicios también conocido como el sector terciario, es el sector económico que abarca todas aquellas actividades relacionadas con los servicios materiales no productivos de bienes. Empezó a principios del siglo XIV y el objetivo es no comprar bienes materiales de forma directa, sino servicios que se ofrecen para satisfacer las necesidades de la población. Incluye subsectores como comercio, transportes, comunicaciones, finanzas, turismo, hostelería, ocio, cultura, espectáculos, recreación, la administración pública y los denominados servicios públicos³.

Un servicio, posee un valor tanto a los ojos del que lo ofrece como a los del consumidor. Este valor sólo se hace efectivo bajo dos condiciones: por una parte las facilidades en material y personal, pertenecientes a la empresa de servicio donde están disponibles; por otra el cliente siente la necesidad y, acudiendo a la empresa de servicio, la satisface. Este valor sólo se da cuando existe el servicio, de allí que el termino “servucción” se entienda como el proceso de creación del servicio. Las propiedades de estos sistemas son las siguientes:

- El sistema está constituido por elementos identificables.
- Todos los elementos están unidos entre sí.
- El sistema funciona hacia un objetivo, una finalidad.
- El sistema, cerrado o abierto, comporta una frontera identificable.
- El sistema funciona tendiendo a un estado de equilibrio.
- Todo cambio o modificación de un elemento conlleva, por el juego de interrelaciones, un cambio no directo del resultado del sistema.

3.2.6 Pronósticos

El método de pronósticos permite a un analista examinar la demanda de los meses anteriores e intentar estimar la demanda futura, esto con el fin de tomar decisiones acertadas. En los sistemas de producción predecir eventos futuros es una actividad vital, en la cual se recompensa por un buen pronóstico pero también se penaliza por uno malo⁴.

³ (Arnoletto, 2007)

⁴ (Chapman, 2006)

Existen tres clases de métodos de pronósticos que son: métodos subjetivos o cualitativos, los métodos causales y los métodos de series de tiempo, los cuales se describen a continuación:

3.2.6.1 Pronósticos Cualitativos

Se realiza cuando no se dispone de datos históricos o recolectarlos es demasiado costoso, y se inicia con una investigación de mercado la cual consiste en desarrollar un cuestionario que contenga preguntas cuya respuesta proporcione la información necesaria para determinar el pronóstico, para posterior a realizada la encuesta tabular y analizar los resultados teniendo en cuenta la interpretación de los mismos.

Otras formas son por medio de la opinión de expertos o el método Delphi. En el primero, se le pregunta a un o varios expertos su opinión sobre las ventas proyectadas, basándose en la experiencia y el conocimiento de la situación particular. Mientras que en el segundo, un comité de expertos de diferentes campos responde a una serie de cuestionarios con preguntas ambiguas y simples con una sola respuesta, donde los expertos entregan pronósticos anónimos de eventos específicos, los cuales son realizados y analizados por un facilitador.

En este último, cada ronda de cuestionario debe reflejar los resultados de la anterior y el procedimiento continúa hasta que los miembros del comité llegan a un acuerdo razonable y se resumen los resultados para informar a los participantes y tomar decisiones. Con este tipo de pronósticos los resultados son bastante exactos si se siguen todos los pasos además de que obliga a un compromiso por parte de los responsables⁵.

3.2.6.2 Pronósticos Causales

Se realiza cuando se desea pronosticar una variable dependiente y el valor de esta variable esta relacionado a un valor observable de una o más variables

⁵ (Sipper & Bulfin Jr., 1998)

independientes, es decir, la variable dependiente esta causada y tiene una correlación con el valor de la o las variables independientes. Sin embargo, la relación entre las variables no es siempre clara y debe existir un lapso de tiempo entre las variables, ya que, si ocurren en el mismo periodo, no se pueden pronosticar valores futuros de la variable dependiente. Es por esto que si las relaciones causales no existen, la regresión no es el mejor método de pronósticos⁶.

3.2.6.3 Pronósticos de series de tiempo

Una serie de tiempo es una lista cronológica de datos históricos que permite predecir el futuro de manera razonable. Para hacerlo existen diferentes métodos los cuales son utilizados de acuerdo al comportamiento que tengan los datos históricos sobre el consumo de los productos. En el caso del alquiler de artículos para el montaje de eventos se debe tener cuidado al identificar el comportamiento de la demanda y se debe conocer también la rotación de cada ítem.

La demanda puede tener diferentes tipos de comportamiento, ya que los datos históricos de la demanda pueden representar un proceso constante, con tendencia, estacional con o sin tendencia, irregular o errático, o un proceso intermitente; y para cada tipo de comportamiento existen diferentes métodos de pronósticos. Para efectos de esta investigación solo se tendrán en cuenta los siguientes métodos, pero existen muchos métodos y formas de pronosticar aparte de las que se mencionan a continuación.

Sí se quiere pronosticar un **proceso constante** se puede utilizar el método simple el cual utiliza el último dato como pronostico para el siguiente periodo. El problema radica en la variación, ya que depende solo del último dato y sí este dato estaba afectado por la variación ya sea baja o alta, el pronóstico también lo estará. Para este caso, se puede realizar el promedio de los datos pasados para hacerlo menos sensible a las variaciones aleatorias.

También se puede pronosticar por promedio móvil para procesos constantes, donde se puede elegir promediar sólo algunos de los datos mas recientes para reducir el efecto de las fluctuaciones aleatorias. La suavización exponencial simple

⁶ (Sipper & Bulfin Jr., 1998)

es otro método para proceso constante en el cual se calcula el pronóstico a partir del pronóstico anterior y el nuevo dato.

Sí se quiere pronosticar un **proceso con tendencia** ya sea creciente o decreciente, es necesario estimar la constante y la pendiente. El método más utilizado es la suavización exponencial doble, donde se reduce el efecto de la aleatoriedad usando la diferencia entre los promedios calculados en dos periodos sucesivos, siendo esta diferencia el cambio en la demanda respecto a la medida de cada conjunto de datos.

Sí se quiere pronosticar un **proceso estacional** con algún número de estaciones durante un año, se debe considerar la porción constante de la demanda, la tendencia y la estacionalidad. El método de pronóstico consiste en estimar los parámetros del modelo y usarlos para generar el pronóstico donde tanto la constante como el factor de tendencia deben ser independientes a los factores estacionales⁷.

En la siguiente ilustración se muestra un ejemplo de los patrones observados de demanda y el sistema de pronósticos recomendado para cada tipo.

Ilustración 2. Ejemplo patrón de demanda con sistema de pronóstico recomendado.

PATRÓN DE DEMANDA OBSERVADO	SISTEMA DE PRONÓSTICO RECOMENDADO
Perpetua, estable o uniforme	Promedio móvil o suavización exponencial simple
Con tendencia creciente o decreciente	Regresión lineal simple o suavización exponencial doble
Estacional o periódica	Modelos periódicos de Winters
Demandas altamente correlacionadas	Métodos integrados de promedios móviles auto-regresivos (ARIMA)
Errática (Por ejemplo, en ítems clase A de bajo movimiento)	Pronóstico combinado de tiempo entre la ocurrencia de demandas consecutivas y la magnitud de las transacciones individuales (Método de Croston y relacionados)

FUENTE: Planeación, optimización y administración de cadenas de abastecimiento, Carlos Julio Vidal Holguín 2009.

⁷ (Sipper & Bulfin Jr., 1998)

3.2.7. Método Winters Multiplicativo

Una serie estacional, es una serie de tiempo con un patrón de cambio que se repite así mismo periodo tras periodo, por ejemplo, año tras año. Por lo regular, el desarrollo de una técnica de pronóstico estacional comprende la selección de un método multiplicativo y aditivo. Las técnicas de pronóstico para datos estacionales se usan siempre que:

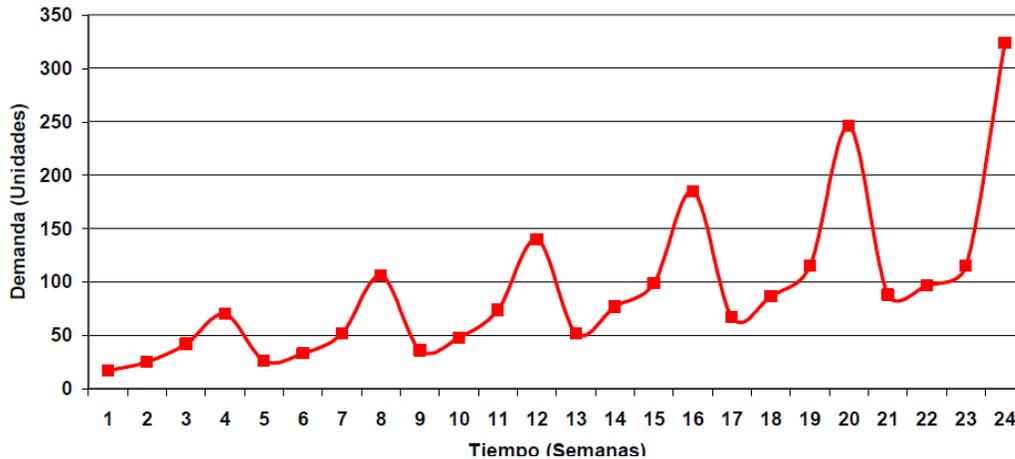
- El clima influye en la variable de interés. Como ejemplos están el consumo de energía eléctrica, las actividades de verano e invierno, el guardarropa y las estaciones de desarrollo agrícola.
- El año calendario influye en la variable de interés. Ejemplos de ello son las ventas al menudeo influidas por días festivos, fines de semana de tres días, los calendarios escolares, festividades o tradiciones en el año.

El modelo multiplicativo considera tres factores; porción constante de demanda, la tendencia y la estacionalidad. Las ecuaciones y el procedimiento de este modelo se describen a continuación:

$$X_t = (b_1 + b_2 t)c_t + \varepsilon_t$$

Donde b_1 , b_2 y ε_t representan respectivamente una constante, la tendencia y la variación aleatoria, y c_t es un factor estacional multiplicativo. Este modelo es aplicable en patrones de demanda estacional cuya amplitud puede depender del nivel del tiempo, la Ilustración 7 muestra un ejemplo de este tipo de patrón. Es posible que el valor de b_2 sea cercano a cero, y por lo tanto se tenga un patrón de demanda estacional sin tendencia pero posiblemente con amplitud variable con el tiempo.

Ilustración 3. Ejemplo de patrón de demanda estacional que depende del tiempo.



FUENTE: Planeación, optimización y administración de cadenas de abastecimiento, Carlos Julio Vidal Holguín 2009.

La longitud del período estacional es de L períodos y los factores estacionales c_t están definidos de tal forma que:

$$\sum_{t=1}^L c_t = L$$

Se denota el nivel del proceso actual sin considerar la componente estacional, usualmente denominada la componente permanente, como:

$$a_1(T) = b_1 + b_2T$$

Y su correspondiente estimación como $a_1(T)$. Igualmente, las estimaciones de la pendiente y del factor estacional al final de cualquier período T se denotan como $b_2(T)$ y $c_t(T)$, respectivamente.

La actualización de los parámetros del modelo y de los pronósticos se realiza al final del período T , después de observar la demanda real X_T . Primero, se revisa la estimación de la componente permanente como:

$$\hat{a}_1(T) = \alpha \frac{X_T}{\hat{c}_T(T-L)} + (1 - \alpha)[\hat{a}_1(T-1) + \hat{b}_2(T-1)]$$

Donde $0 \leq \alpha \leq 1$ es una primera constante de suavización. La división de la demanda X_T entre el factor, el cual es la estimación del factor estacional para el período T calculada en la estación anterior (o sea hace L períodos), hace que los datos no incluyan la componente estacional, como es de esperarse para la estimación de la componente permanente. En otras palabras, esta expresión desplaza el eje de coordenadas al final del período actual, T . En otros términos esto se conoce como la “des-estacionalización” de la demanda.

Segundo, se revisa la estimación de la tendencia creciente o decreciente, a través de:

$$\hat{b}_2(T) = \beta[\hat{a}_1(T) - \hat{a}_1(T-1)] + (1 - \beta) \hat{b}_2(T-1)$$

Donde $0 \leq \beta \leq 1$ es una segunda constante de suavización, independiente de α . Es decir que en este caso no se cumple necesariamente que $\beta = 1 - \alpha$. Tercero, se revisa la estimación del factor estacional para el período T :

$$\hat{c}_T(T) = \gamma \frac{X_T}{\hat{a}_1(T)} + (1 - \gamma)\hat{c}_T(T-L)$$

Donde $0 \leq \gamma \leq 1$ es una tercera constante de suavización independiente de α y de β . Es posible que al actualizar los valores de $c_t(T)$, no se cumpla la ecuación donde la sumatoria de c_t es igual a L , por lo cual es conveniente normalizar estos factores al final de cada estación. Finalmente, para pronosticar la demanda en cualquier período futuro $T + \tau$, se utiliza la ecuación del pronóstico:

$$\hat{X}_{T+\tau}(T) = [\hat{a}_1(T) + \tau \hat{b}_2(T)]\hat{c}_{T+\tau}(T + \tau - L)$$

Vale la pena aclarar que la notación entre paréntesis, por ejemplo de $\hat{a}_1(T)$ representa el período en el cual se estima el valor de la variable correspondiente, en este caso a_1 , y no representa un producto aritmético. Al igual que en los sistemas de pronósticos anteriores, este método requiere de valores de arranque

del pronóstico para $a_1(0)$, $b_2(0)$ y $c_t(0)$, para $t = 1, 2, 3, \dots, L$. Estas estimaciones pueden hacerse utilizando datos históricos de demanda.

Se supone que se tienen datos para la iniciación de los pronósticos para un total de m estaciones, cada una compuesta por L períodos. Sean los promedios de las observaciones de demanda durante las estaciones $j = 1, 2, 3, \dots, m$. La estimación de la tendencia viene dada por:

$$\hat{b}_2(0) = \frac{X_m - X_1}{(m-1)L}$$

La componente permanente al comienzo del primer período se puede estimar como:

$$\hat{a}_1(0) = X_1 - \frac{L}{2} \hat{b}_2(0)$$

Los factores estacionales son calculados para cada período $t = 1, 2, \dots, mL$, como la razón entre la actual observación y su valor promedio ajustado estacionalmente y ajustado por la tendencia, mediante la siguiente ecuación:

$$\hat{c}_t = \frac{X_t}{X_t - \left[\frac{L-1}{2-j} \right] \hat{b}_2(0)}, \text{ para } t=1,2,\dots, mL$$

Donde j es la posición del período t dentro de la estación. Por ejemplo, si $1 \leq t \leq L$, entonces $j = 1$, y si $L + 1 \leq t \leq 2L$, entonces $j = 2$, y así sucesivamente. Igualmente, cuando $t = 1$ y cuando $t = L + 1$, entonces $j = 1$; cuando $t = 2$ y cuando $t = L + 2$, entonces $j = 2$, y así sucesivamente. O sea que $j = t$ para cualquier período $t + kL$, con $k = 0, 1, 2, \dots, m$. La ecuación anterior de \hat{c}_t dará m estimaciones del factor estacional para cada período. Por lo tanto, se sugiere calcular el promedio de ellos para obtener una sola estimación para cada período dentro de la estación. Esto se puede llevar a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{c}_{t=1,2,\dots,L} = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} \hat{c}_{t+kL}, \text{ para } t=1,2,\dots, L.$$

Finalmente, los factores estacionales deben ser normalizados, de tal forma que su suma sea igual a L , mediante la siguiente expresión:

$$\hat{c}_t(\mathbf{0}) = C_t \frac{L}{\sum_{t=1}^L C_t}, \text{ para } t=1,2,\dots, L$$

El procedimiento anterior estima $a_1(0)$, $b_2(0)$ y $c_t(0)$ para $t = 1, 2, \dots, L$, asumiendo que el origen de tiempo se encuentra inmediatamente antes del período 1. Para pronosticar observaciones futuras, se requiere usualmente estimaciones iniciales de los parámetros con el período mL como el origen de tiempo, en forma análoga a como se realizó en el sistema de pronósticos de suavización exponencial doble. Una forma de hacer esto consiste en estimar la componente permanente para el período mL con la siguiente ecuación, en lugar de utilizar la ecuación de $a_1(0)$.

$$\hat{a}_1(mL) = X_m + \frac{L}{2} \hat{b}_2(\mathbf{0})$$

Sin embargo, otra forma que se considera más adecuada para lograr el mismo propósito, es realizar las actualizaciones de $a_1(T)$, $b_2(T)$ y $c_t(T)$, período por período hasta llegar al final del período mL , en forma análoga a como se propuso para la suavización exponencial doble. Así, el origen de tiempo puede ser redefinido para este período y, sí se hace más claro, se pueden redefinir los períodos mL , $mL + 1$, $mL + 2, \dots$, como los nuevos períodos 0, 1, 2, ..., etc.

3.2.8 Inventarios

El inventario permite conocer la cantidad de productos que puede haber en una empresa, supermercado o tienda a partir del conteo de estos artículos. Se denomina inventario a la comprobación y recuento, de las existencias físicas en sí mismas y/o con las teóricas documentadas. Es por esto que, con el fin de registrar y controlar los inventarios, las empresas adoptan los sistemas pertinentes para evaluar sus carencias de mercancías con el fin de fijar su posible masa de producción y regateo⁸.

Para la mayoría de las empresas, uno de los principales problemas es el control de inventarios, ya que las organizaciones deben garantizar el flujo de materiales

⁸ (Vidal Holguín, 2009)

en la cantidad y tiempo correctos, a través de la cadena de suministro, es decir, desde los proveedores hasta el consumidor final.

Para lograr esto, se debe tener en cuenta los diferentes tipos de demanda de los productos, la variabilidad, la inversión en que se va a incurrir y muchos otros factores que influyen en la operación del sistema para que sea eficiente, eficaz y productivo. Son muchos los casos en que las empresas pierden dinero por mantener una gran cantidad de producto que no está siendo utilizado o por no tener productos que en realidad desea el consumidor. Es por esta razón que se hace necesario diseñar un sistema de control de inventarios que permita tener en cuenta todos los factores y así lograr un balance más preciso del nivel de inventarios⁹.

Dentro de los sistemas de control de inventarios se deben caracterizar tres grandes procesos para llegar a definir la cantidad y el tiempo en que se debe abastecer el inventario, estos son:

- Pronósticos de demanda
- Definición de política de revisión
- Cálculo de punto de reabastecimiento y nivel de inventario de seguridad.

3.2.9 Factores en la toma de decisiones

Existen diferentes factores de importancia para la toma de decisiones en los inventarios como lo son los factores de costo, y los factores relacionados con los tiempos de reposición y con la demanda, ambos factores se describen a continuación.

3.2.9.1 Factores de costo

El valor unitario del ítem

El valor unitario de cada ítem está expresado en \$/unidad, siendo la unidad cualquier medida adecuada de cantidad de producto, es decir, litros, metros

⁹ (Vidal Holguin, 2009)

cúbicos, toneladas, unidades físicas, cajas, etc. Para un comerciante este costo corresponde al precio del artículo pagado al proveedor incluyendo los fletes y costos variables relacionados, el cual puede depender del tamaño de pedido, de acuerdo con los descuentos por cantidad.

Para productores, este valor es más difícil de determinar, sin embargo rara vez se utiliza el valor en libros del artículo. Se prefiere en cambio, medir el valor real del dinero invertido en el ítem (costo variable de producción) haciéndolo apto para su utilización, bien sea como producto terminado para el consumidor final, o como componente para otro proceso dentro de la planta. Este costo es muy importante, ya que el costo de llevar el inventario depende de él¹⁰.

La tasa o rata del costo de llevar o mantener el inventario

El costo de mantenimiento del inventario debería incluir sólo aquéllos costos que son proporcionales al volumen de inventario que se mantiene, ya que el costo de llevar o mantener el inventario comprende los costos de servicio del inventario (almacenamiento y manejo), el costo del espacio utilizado, los costos de capital y los costos de riesgo del inventario (obsolescencia, daños y filtraciones y los seguros e impuestos)¹¹.

Los **costos de almacenamiento y manejo** se refieren a los costos de operar la bodega, teniendo en cuenta la mano de obra utilizada, las actividades desarrolladas, tales como recepción, almacenamiento, inspección, recolección y despacho. Sí la bodega es arrendada, estos costos podrían formar parte del costo global de espacio dado por el arrendatario o podrían ser independientes expresados en \$/unidad que circula por la bodega.

El **costo de espacio** es el reflejo del uso del volumen dentro de la bodega. Sí la bodega es arrendada, estos costos se miden generalmente por unidad de peso por cada período de tiempo, por ejemplo en \$/ (ton .mes). Sí el espacio es propio de la empresa, sus costos se determinan de acuerdo con los costos de operación asociados con dicho espacio, tales como climatización e iluminación, y costos fijos, tales como los costos del edificio y del equipo, basados en el volumen que se maneja en la bodega. Los costos de espacio no se incluyen en el cálculo de inventarios en tránsito.

¹⁰ (Vidal Holguín, 2009)

¹¹ (Stock & Lambert, 2001)

Los **costos de capital o costos de oportunidad** representan la mayor proporción de los costos de llevar el inventario. A pesar de esto, es el costo menos tangible de todos los componentes del costo de inventario, ya que en realidad representa la posible pérdida de inversión en otras actividades que la empresa podría tener, donde al menos ganaría su tasa mínima de retorno sobre la inversión. Su determinación no es fácil, ya que depende de muchos factores. Primero, los inventarios pueden tratarse de activos a corto plazo o de activos a largo plazo, dependiendo de su función. Segundo, el costo de capital puede determinarse de un rango amplio de valores que van desde las tasas de interés del mercado hasta el costo de oportunidad del capital, que puede estar representado en el promedio de las tasas mínimas de retorno de la empresa o en las inversiones más rentables a las que la empresa tiene acceso.

Los **costos de riesgo** representan los costos de obsolescencia, deterioro y depreciación del inventario. El deterioro puede deberse a condiciones naturales de los ítems en inventario, especialmente si se trata de artículos perecederos. Estos costos pueden determinarse del costo de ítems perdidos, o del costo de actualización mediante trabajo adicional para recobrar el estado normal del producto, o de reponer el producto desde otra localización.

Los **seguros e impuestos** dependen del inventario disponible y por ello forman parte del costo de llevar el inventario. Los seguros se toman como prevención contra incendio, robo, daños, etc. Los impuestos se pagan dependiendo de los sistemas contables particulares de cada región y generalmente se cobran de acuerdo con los valores en libros de los inventarios.

El costo de ordenamiento o de alistamiento

Cada orden para reponer el inventario tiene varios costos asociados, los cuales en general son fijos y no dependen del tamaño de la misma. Estos costos corresponden al procesamiento, transmisión, manejo y compra de la orden. Específicamente, para un comerciante, el costo de ordenamiento puede comprender:

- Costo de preparación de los formatos de las órdenes.
- Costos de correo o de cualquier sistema que utilice para la transmisión de órdenes, incluyendo fax, EDI, etc.
- Costos de llamadas telefónicas relacionadas con el pedido.
- Costos de autorización del pedido.

- Costos de recepción e inspección.
- Costos de manejo de las facturas del proveedor.
- Otros costos relacionados con el procesamiento de la orden.
- Costo de transporte de la orden, independiente del tamaño de la misma.

El costo de bajo o de faltante de inventario

Este costo se produce cuando se recibe una orden y no hay suficiente inventario disponible para cubrirla ya que puede ser que el artículo esté completamente agotado o que haya bajo inventario. Generalmente se expresa como un porcentaje del valor del ítem.

3.2.9.2. Factores relacionados con los tiempos de reposición y con la demanda

Tiempo de reposición (Lead Time)

El tiempo de reposición o Lead Time, es el tiempo que transcurre entre el momento de expedir una orden y el instante en que se tienen los artículos listos para ser demandados por el cliente. Este factor es clave para el control de los inventarios, ya que es precisamente durante el tiempo de reposición cuando puede ocurrir un faltante de inventario, pues se supone que aquí el nivel de inventario está relativamente bajo, ya que dio lugar a la expedición de una orden¹².

En un ambiente no productivo, el tiempo de reposición comprende generalmente las siguientes etapas:

- Tiempo administrativo que transcurre entre la decisión de emitir una orden y su correspondiente preparación.
- Tiempo de tránsito de la orden hasta el proveedor.
- Tiempo empleado por el proveedor para procesar la orden, el cual a su vez depende de su nivel de inventario y condiciones generales de almacenamiento y producción.

¹² (Vidal Holguín, 2009)

- Tiempo de tránsito entre el proveedor y el lugar donde es solicitada la orden.
- Tiempo de recepción, inspección, ingreso al sistema y almacenamiento en el lugar donde es solicitada la orden.

Tipo y patrón de demanda

Existen dos tipos de demandas, la independiente, y la dependiente o derivada. La demanda independiente es generada por entes externos a la empresa, mientras que la demanda dependiente, por el contrario, depende de otras demandas. En general, la demanda dependiente es mejor controlada por sistemas MRP (Planeación de los Requerimientos de Materiales) y otras técnicas relacionadas.

Otro aspecto de fundamental importancia para el diseño de un sistema de administración de inventarios es el patrón que sigue la demanda. El patrón de demanda más simple es el de **demanda constante y conocida**, el cual se aparta mucho de la realidad, ya que estas condiciones la mayoría de las veces no se cumplen. La demanda también puede ser variable pero conocida, es decir, **demanda determinística**.

La **demanda aleatoria** se presenta de acuerdo con varios patrones identificables. La demanda perpetua, estable o uniforme, cuyo promedio se mantiene por largos períodos de tiempo y su fluctuación permanece dentro de rangos pequeños. Si el promedio de demanda varía significativamente con el tiempo, se tiene un patrón de demanda con tendencia ya sea creciente o decreciente, la cual generalmente se toma como lineal. Otro patrón de demanda ocurre cuando se esperan picos en determinadas épocas del año, como es el caso de artículos de Navidad o productos relacionados con las estaciones climáticas. Este patrón de demanda se denomina periódico o estacional. El patrón de demanda errática tiene la característica de presentar grandes variaciones a lo largo del tiempo, pasando de períodos de cero demanda a grandes picos. La diferencia de entre este patrón y el periódico o estacional es que en el errático los picos no son predecibles, lo que la convierte en una de las demandas más complejas de administrar¹³.

¹³ (Vidal Holguín, 2009)

3.2.10 Clasificación ABC

Un aspecto importante para el análisis y la administración de un inventario es determinar qué artículos representan la mayor parte del valor del mismo y si justifican que estén almacenados en el inventario.

Estos artículos no son necesariamente ni los de mayor precio unitario, ni los que se consumen en mayor proporción, sino aquellos cuyo precio unitario por el consumo o demanda constituyen % elevados dentro del valor del inventario total. Generalmente sucede que, aproximadamente el 20% del total de los artículos, representan un 80% del valor del inventario, mientras que el restante 80% del total de los artículos inventariados, alcanza el 20% del valor del inventario total.

El gráfico ABC, regla del 80/20 o ley del menos significativo es una herramienta que permite visualizar esta relación y determinar, en forma simple, cuáles artículos son de mayor valor, optimizando así la administración de los recursos de inventario y permitiendo tomas de decisiones más eficientes. Según este método, se clasifican los artículos en tres clases A, B o C, permitiendo dar un orden de prioridades a los distintos productos¹⁴:

- Artículos tipo A: Los más importantes a los efectos del control.
- Artículos tipo B: Aquellos artículos de importancia secundaria.
- Artículos tipo C: Los de importancia reducida.

Vale la pena aclarar que la designación de las tres clases es arbitraria, pudiendo existir cualquier número de clases y el % exacto de artículos de cada clase varía de un inventario al siguiente. De esta clasificación los factores más importantes son los dos extremos: unos pocos artículos significativos y un gran número de artículos de relativa importancia. Esta relación empírica formulada por Vilfredo Pareto, ha demostrado ser una herramienta muy útil y sencilla de aplicar a la gestión empresarial, ya que permite concentrar la atención y los esfuerzos sobre las causas más importantes de lo que se quiere controlar y mejorar. El método o gráfico ABC puede ser aplicado a:

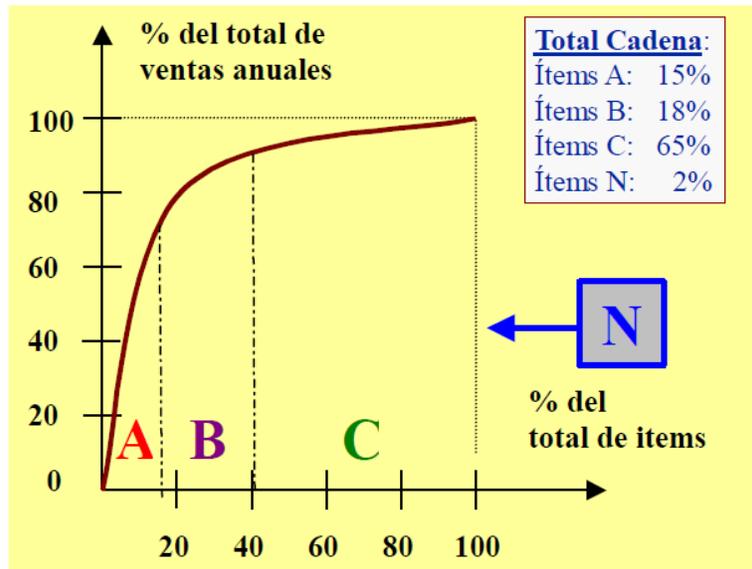
¹⁴ (Winston, 2005)

- Las ventas de la empresa y los clientes con los que se efectúan las mismas (optimización de pedidos).
- El valor de los inventarios y el número de ítems de los almacenes.
- Los costos y sus componentes.

Los beneficios para la empresa es que permite determinar tanto aquellos productos que teniendo una alta penetración en el mercado, disponen de baja rentabilidad; como aquellos productos que, teniendo una baja penetración disponen de alta rentabilidad. Una forma de realizar la clasificación ABC es con base en el producto entre la demanda y el valor unitario, el cual mide el valor anual de las ventas o la demanda de cada ítem i , donde:

- D_i = Demanda anual del ítem i [unidades/año]
- V_i = Valor unitario del ítem i [\$/unidad]

Ilustración 4. Ejemplo clasificación ABC



FUENTE: Planeación, optimización y administración de cadenas de abastecimiento, Carlos Julio Vidal Holguín 2009.

3.3 APORTE INTELECTUAL DEL INVESTIGADOR

Como futuras Ingenieras Industriales se busca por medio del análisis de las necesidades presentadas por la empresa Arco Iris Ltda., aportar el conocimiento adquirido para hacer que la toma de decisiones de compra o subcontratación de artículos para el montaje de eventos se realice de forma efectiva gracias a la ayuda del modelo planteado, de manera que la empresa pueda mejorar las utilidades de la misma.

Para lo anterior, es necesario establecer el comportamiento de la demanda para poder determinar los pronósticos de los artículos por medio de una herramienta en Excel, con el fin de administrar y controlar el inventario de cada ítem por parte de la empresa teniendo en cuenta factores como el ciclo de vida de los productos, la tasa de rotación entre otros. Este trabajo tiene como motivo aplicar herramientas de ingeniería industrial en el sector de servicios que Eventos Arco Iris esta ofreciendo.

4. METODOLOGÍA

Dadas las características del problema y el objetivo general del proyecto, este se abordará investigando y estudiando la situación actual de la empresa, para luego aplicar dicho conocimiento en el diseño y desarrollo de un modelo que permita la toma de decisiones en cuanto a la cantidad de compra o subcontratación. En otras palabras consiste en observar, interpretar, investigar, comprender y traducir el lenguaje teórico al lenguaje de modelos matemáticos.

La solución planteada para este problema de desbalanceo de inventarios y falta de bases para la toma de decisiones se llevará a cabo a través de la siguiente metodología:

- Implementación de la clasificación ABC para establecer prioridades de administración y diferenciación de los sistemas de control para los ítems en cada categoría y de acuerdo a ello, establecer ítems con los que el proyecto se desarrollará.
- Utilización de sistemas de pronósticos de demanda, que permitan estimar con precisión el patrón, el promedio y la variabilidad de la demanda de cada ítem tipo A que se mantenga en inventario.
- Consideración de aspectos fundamentales tales como el ciclo de vida del producto, los aspectos administrativos del control de inventarios como costos relevantes para la toma de decisiones y los aspectos financieros relacionados con la toma de decisiones de compra o subcontratación.
- Por último, el desarrollo de un modelo de decisión de niveles de inventario, que de forma general describa la problemática de esta empresa y aporte soluciones inmediatas sobre la toma de decisiones.

5. DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de alquiler en Arco Iris Ltda., inicia cuando el cliente, sea persona natural o jurídica emite la orden de pedido. De una misma orden se disponen tres copias, las cuales se utilizan con el fin de realizar el rastreo posterior de las mismas. Después de que se ha emitido la orden de pedido, se verifica mediante la primera copia la disponibilidad de elementos en inventario para cumplir con los requerimientos del cliente.

Sí hay disponibilidad se verifica que los ítems o artículos requeridos por el cliente estén listos para ser despachados, y si no lo están, se procede a prepararlos para el despacho. Posteriormente, se realiza la planeación y asignación de la ruta y del transportista que entregara el pedido al cliente. Luego, se emite la primera copia de pedido para transporte, se realiza el alistamiento de los ítems para ser transportados y entregados al cliente.

Cuando el conductor entrega el pedido al cliente se verifica que los artículos pedidos estén completos y se realiza el pago del servicio de alquiler de artículos al conductor, momento en el cual el cliente firma el recibo de pago y se entrega la segunda copia de la orden. A partir de este momento, mediante la segunda copia entregada se genera la orden de pedido en tránsito, es decir, esta orden indica que los artículos fueron alquilados y que no han sido retornados a la empresa. Este documento es el que permite controlar el flujo de artículos alquilados con el inventario existente.

Los artículos son alquilados generalmente con un día de disposición para el cliente, después de 24 horas se hace la recolección de los artículos alquilados por parte de la empresa, donde el conductor verifica el estado de los artículos y la cantidad recibida. Cuando los artículos regresan a bodega, son sometidos a un aseo riguroso en el área de mantenimiento para poder ser almacenados y volver a estar disponibles para un próximo servicio.

En ese momento se emite la tercera copia de pedido completo, la cual indica que los artículos alquilados ya están en bodega nuevamente, esta copia final la guarda la empresa como la documentación que garantiza su actividad económica. A partir de esta última copia se realiza la recolección de demandas sobre todos los productos, para el desarrollo del proyecto.

En la ilustración 8 se presenta el diagrama de flujo del proceso de alquiler.

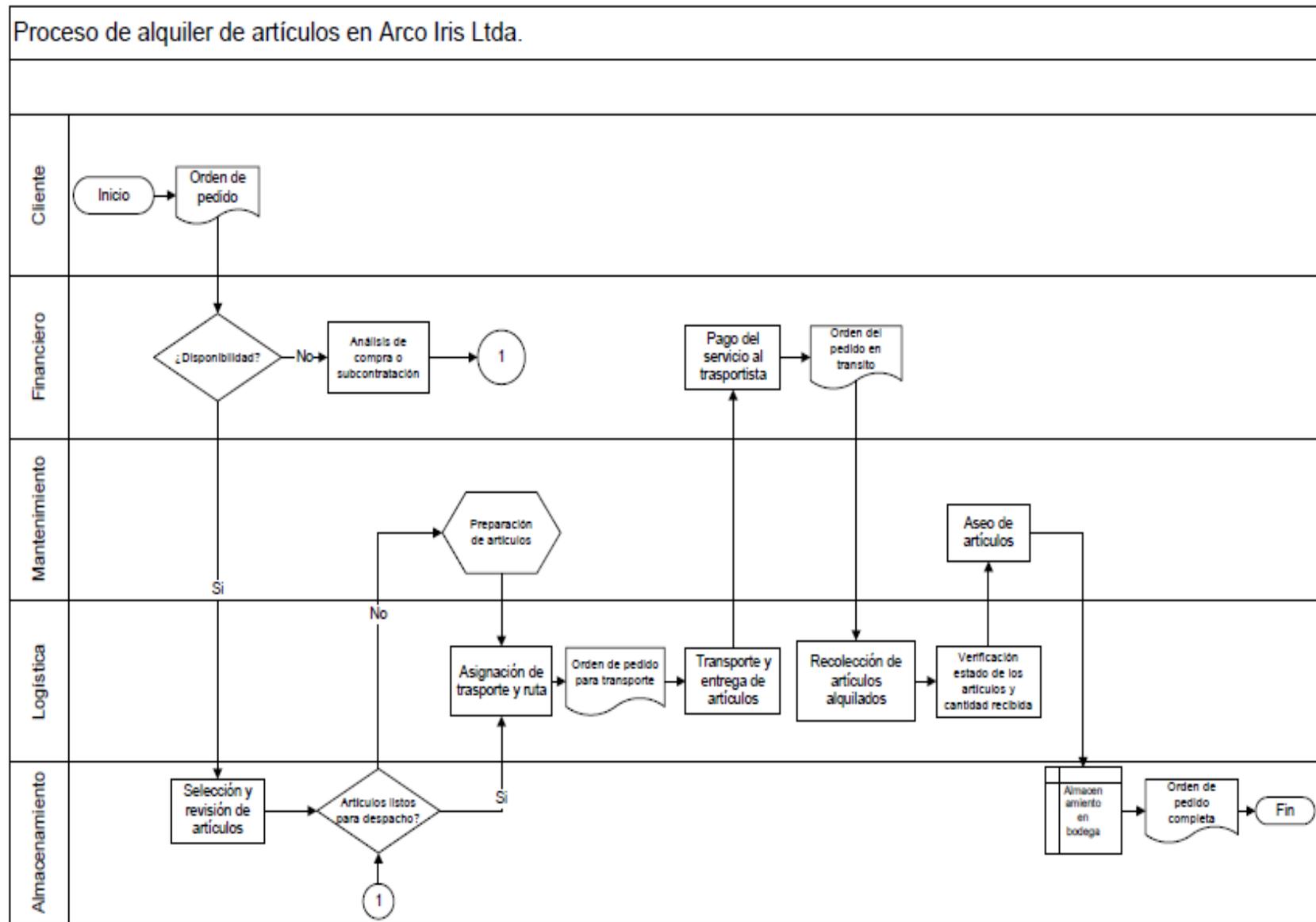
Adicional a la identificación del proceso de alquiler de artículos, se recolecta por medio de las copias guardadas de pedidos la información histórica de la demanda de un año completo.

Teniendo en cuenta que la empresa no maneja ninguna base de datos, se realiza en Excel el almacenamiento de la información respecto a la demanda de cada artículo durante el último año con el fin de establecer la clasificación ABC de los ítems. De esta consolidación de información se logra identificar los primeros cambios de las demandas en cada mes.

Al igual que las empresas comerciales Arco Iris Ltda., funciona con una inversión inicial en artículos, pero la diferencia radica, en que cada ítem cumple en bodega un ciclo diferente a un producto comercial, ya que a partir de un solo artículo se prestan varios servicios en diferentes tiempos, es decir, un mismo producto tiene un número significativo de rotaciones en cierto periodo de tiempo, por lo cual los productos que hicieron parte de la inversión inicial son utilizados con el alquiler no solo para recuperar la inversión sino para empezar a generar utilidades. Esto quiere decir que invertir en un producto para el inventario de esta empresa es tener la posibilidad de ofrecerlo al cliente, alquilarlo en varias ocasiones, recuperar la inversión inicial y generar utilidades adicionales a la empresa.

En las bodegas de Arco Iris Ltda., se almacenan grandes cantidades de artículos con diferentes características, muchos de estos artículos son relativamente de bajo costo, en tanto que otros son bastante costosos y representan gran parte de la inversión de la empresa. Algunos de los artículos del inventario aunque no son especialmente costosos, tienen una rotación baja y en consecuencia exigen una inversión considerable; otros artículos, aunque tienen un alto costo por unidad, rotan con suficiente frecuencia para que la inversión necesaria sea relativamente baja.

Ilustración 5. Diagrama de flujo del proceso de alquiler de artículos en Arco Iris Ltda.



Elaboración propia.

En la recolección de datos se encontraron casos particulares como las sillas para adulto sin brazo, los manteles sencillos y la vajilla cazuela, los cuales son productos que están ocupando espacio en bodega, generando costos y además siendo ofrecidos al público sin generar alquiler alguno durante el periodo analizado de los datos históricos. Es importante que la empresa entre a evaluar estos ítems, los cuales fueron reportados como primer aporte de este proyecto.

La recolección y organización de datos realizada con el fin de establecer la demanda anual de cada ítem, se puede encontrar en **Anexo 1 “Demanda anual de los productos”**.

5.2 CLASIFICACIÓN ABC DE LOS ÍTEMS

Con el objetivo de disminuir la cantidad de ítems para facilitar el análisis, desarrollo de pronósticos y el modelo de inventarios para la toma de decisiones, se parte de una propiedad estadística universalmente conocida como el Principio de Pareto, la cual, para el caso de inventarios, se expresa de la siguiente forma: *“Alrededor del 20% de los ítems corresponden aproximadamente al 80% de las ventas anuales de la empresa”*¹⁵.

Esto corresponde a la conocida clasificación ABC, la cual como ya fue mencionado anteriormente, permite identificar los artículos que representan la mayoría de las ganancias económicas para la empresa y el grado de prioridad e intensidad en el control que se le debe dedicar a cada artículo de inventario. Esta clasifica los ítems de la siguiente forma:

A: Muy importantes

B: Medianamente importantes

C: Poco importantes

Para definir cuáles ítems deben formar parte de cada clase (A, B ó C), se escogió un porcentaje de mayor a menor, de acuerdo al orden secuencial dado por la

¹⁵ (Vidal Holguin, 2009)

mayor utilización de los artículos. Para este proyecto los ítems clase A constituyen el 10% de los primeros ítems dentro de la clasificación, contando por el 60% del valor total de las ventas anuales; los ítems clase B constituyen el 20% del total de ítems, contando por entre el 30% restante del valor anual; y los ítems clase C, constituyen el resto, contando por una pequeña parte del total de la inversión en inventario, la cual no pasa del 10% del total de ventas de la empresa.

Lo anterior se resume en lo siguiente:

- Ítems Clase A = 10% del total de ítems, con alrededor del 60% del total de ventas.
- Ítems Clase B = 20% del total de ítems, con alrededor del 30% del total de ventas.
- Ítems Clase C = 70% del total de ítems, con alrededor del 10% del total de ventas.

Los criterios a tener en cuenta para determinar la clasificación de los artículos son el costo unitario de cada ítem, este se establece con el valor del alquiler al público, y la demanda anual ya recolectada y encontrada en el **Anexo 1 “Demanda anual de los productos”**.

Para la realización de la clasificación ABC es necesario establecer la muestra de el conjunto de 114 ítems que se ofrecen al mercado la empresa Arco Iris Ltda., con su correspondiente consumo anual, valor unitario, volumen anual en unidades monetarias (o sea el producto entre la demanda anual y el valor unitario) y el porcentaje del volumen anual en \$ de cada ítem. Con base en esta información, se determinó una clasificación ABC para estos ítems, la cual se puede encontrar completa en el **Anexo 2. “Clasificación ABC”**

De acuerdo con la clasificación ya establecida de los ítems podemos concluir lo siguiente:

El 10% de los ítems que corresponde a 10 ítems son de clase A, representando el 59.20% del volumen anual; el 20% de los ítems correspondiente a 25 ítems son de clase B, representando el 30.04% del volumen anual y el 70% restante correspondiente a 79 ítems son clase C, representando sólo el 10.03% restante

del volumen anual. Cabe la pena aclarar que los ítems A y B cuentan con casi el 90% del volumen total anual y por ello su control podría ser más importante que el control de los ítems clase C.

Tabla 1. Clasificación ABC, ítems tipo A.

Línea	Descripción	Valor Unitario	Unidades alqu./año	\$/año	%	% Acum.	TIPO
Carpas	Carpas 6X12	\$ 220.000	218	\$ 47.960.000	16,6010%	16,6010%	A
Sillas	Silla adulto sin brazo	\$ 300	91.365	\$ 27.409.500	9,4876%	26,0886%	A
Mantelería	Forros para sillas	\$ 1.000	18.467	\$ 18.467.000	6,3922%	32,4808%	A
Sillas	Sillas Tiffany	\$ 5.000	3.410	\$ 17.050.000	5,9017%	38,3825%	A
Carpas	Carpas 6X6	\$ 65.000	186	\$ 12.090.000	4,1848%	42,5674%	A
Carpas	Carpas 4X4	\$ 45.000	256	\$ 11.520.000	3,9875%	46,5550%	A
Mesas	Mesas dobles ejecutivas	\$ 3.000	3.417	\$ 10.251.000	3,5483%	50,1033%	A
Mesas	Mesas tablón	\$ 4.000	2.345	\$ 9.380.000	3,2468%	53,3501%	A
Mantelería	Sobremantel	\$ 2.000	4.538	\$ 9.076.000	3,1415%	56,4917%	A
Mantelería	Mantel faldón tablón	\$ 4.500	1.734	\$ 7.803.000	2,7009%	59,1926%	A

Elaboración propia.

Los artículos de clasificación tipo A son:

1. Carpas 6x12
2. Silla adulto sin brazo
3. Forros para sillas
4. Sillas Tiffany
5. Carpas 6x6
6. Carpas 4x4
7. Mesas dobles ejecutivas
8. Mesas tablón
9. Sobre mantel
10. Mantel faldón tablón

Estos artículos, representan a su vez cuatro categorías (Carpas, Sillas, Mesas y Mantelería) de las nueve que tiene la empresa en el catalogo de los artículos.

Además de definir la clasificación de los ítems, se observa que las sillas adulto sin brazo que están clasificadas como un ítem clase A, tienen un volumen considerable en unidades y un valor unitario de baja magnitud; mientras que las carpas 6x12, otro ítem clase A presenta un volumen muy bajo en unidades, pero un valor unitario muy alto. Esto evidencia que a pesar de que ambos artículos estén definidos dentro de la misma clase en este caso tipo A, se debe tener en cuenta las diferentes características para definir modelos y criterios de control.

5.2.1 Propuestas de control de los ítems clase A

Dado que los ítems clase A son generalmente aquellos cuyo producto de demanda por valor unitario es mayor que todos los demás ítems, debe prestarse especial atención en su control. Es por esto que a partir de la clasificación realizada y del análisis de la misma, se plantearon diferentes propuestas para el control de inventarios de los artículos catalogados como tipo A.

Como se puede observar con las sillas y las carpas 6x12, el control de un ítem clase A con alta demanda y bajo valor unitario no es igual al control de otro ítem clase A con muy baja demanda, pero costo unitario alto. De acuerdo con lo anterior, los ítems clase A deben concentrar la atención personalizada de la administración con el apoyo de modelos matemáticos especializados, los cuales se constituyen como una poderosa herramienta de ayuda para la toma de decisiones. Es por eso que este proyecto tiene como objetivo establecer la toma de decisiones de compra o subcontratación para este tipo de ítems.

Los siguientes puntos son sugerencias generales para el control del inventario de los ítems tipo A:

- La empresa Arco Iris Ltda., debe realizar registros de inventario basados en las transacciones que vayan ocurriendo. Debido a que generalmente el número de ítems clase A no es muy grande, por lo que el control no necesariamente debe hacerse en forma computarizada, de manera que se pueden utilizar sistemas manuales basados en hojas electrónicas.

- Todas las transacciones de ítems clase A deben ser cuidadosamente revisadas por la administración en forma frecuente.
- La demanda debe ser cuidadosamente analizada y, aunque debe basarse en un sistema adecuado de pronósticos, debe tener la influencia personal de la administración. Por ejemplo, pueden existir ítems clase A tan especiales que la administración directamente influya en su demanda futura con base en las conversaciones personales con los clientes.
- Para ítems de movimiento lento, pero de valor unitario muy alto, como por las carpas se debe prestar especial atención en su aprovisionamiento inicial, ya que un exceso podría resultar muy costoso.
- Debe existir una estrecha relación con los proveedores de ítems clase A para tratar de reducir los tiempos de entrega y su variabilidad.
- Dado los niveles de servicio que establece la empresa Arco iris Ltda., en ocasiones resulta más conveniente afrontar la posibilidad de agotados que tratar de establecer niveles de inventario fijos. En otras palabras, como para estos ítems la administración controla directamente sus transacciones, pueden establecerse pedidos frecuentes de compra y acciones confiables de emergencia como subcontratación.
- Deben revisarse los parámetros de decisión establecidos por el modelo matemático frecuentemente.

Por otra parte, la clasificación ABC puede utilizarse como una fuente de identificación de ítems de movimiento nulo o muy bajo, los cuales son candidatos para ser retirados de circulación. Estos ítems se pueden observar en las últimas filas de la clasificación C, **Ver Anexo 2 “Clasificación ABC”**.

1. Silla adulto con Brazos
2. Mantel Sencillos
3. Cazuela

Una parte fundamental de cualquier sistema de control de inventarios es la eliminación adecuada de excesos de inventarios obsoletos o de muy lento movimiento. Los excesos pueden ser creados por una orden de tamaño exagerado en cualquier etapa de la vida de un producto, por una baja inesperada y consistente de la demanda de un ítem, por su obsolescencia normal debido a su

propia naturaleza, o, simplemente, por la aplicación de controles inadecuados y desbalanceo de inventarios.

Una vez identificados los ítems en exceso, debe buscarse inmediatamente la forma de disponer de ellos. Las soluciones a este problema incluyen una o más de las siguientes posibilidades:

- Reacondicionamiento del ítem (*Rework*) para su posible uso en otros propósitos.
- Realización de promociones donde otros ítems de mayor consumo o más llamativos para el cliente se utilizan como gancho para vender los ítems obsoletos. Por ejemplo, en un paquete completo que ofrezca la empresa puede ofrecerse un ítem de movimiento muy bajo conjuntamente con otros de movimiento normal.
- Los ítems obsoletos pueden ofrecerse con grandes descuentos.
- Los ítems en exceso pueden ser subastados. Aunque en nuestro medio esto no es muy común, esta posibilidad siempre existe.
- Una última posibilidad puede ser la donación del ítem si esto es permitido por la ley o su descarte definitivo atendiendo los requerimientos legales y ecológicos.

5.3 SISTEMAS DE PRONÓSTICOS

En todo proceso de decisión en cualquier tipo de organización se debe pronosticar una o más variables de interés. En una empresa del sector productivo, por ejemplo, es fundamental pronosticar los requerimientos de materiales para producir los bienes finales; en un sistema de servicios, como el caso de Arco Iris Ltda., se hace necesario pronosticar la demanda que dichos clientes que van a generar pedidos, con el fin de realizar una planeación y control adecuada de sus inventarios, decisiones y operaciones.

Para esta empresa el sistema de pronósticos es un elemento clave para el cumplimiento de los objetivos de la organización y para el mejoramiento de su

competitividad, ya que de no tomar las decisiones correctas, se puede caer en extremos como el deficiente servicio al cliente, el exceso de inventarios o, peor aún, que se presenten ambos, esto se da cuando existe un desbalanceo de los inventarios y una toma de decisiones incorrecta de compra o subcontratación.

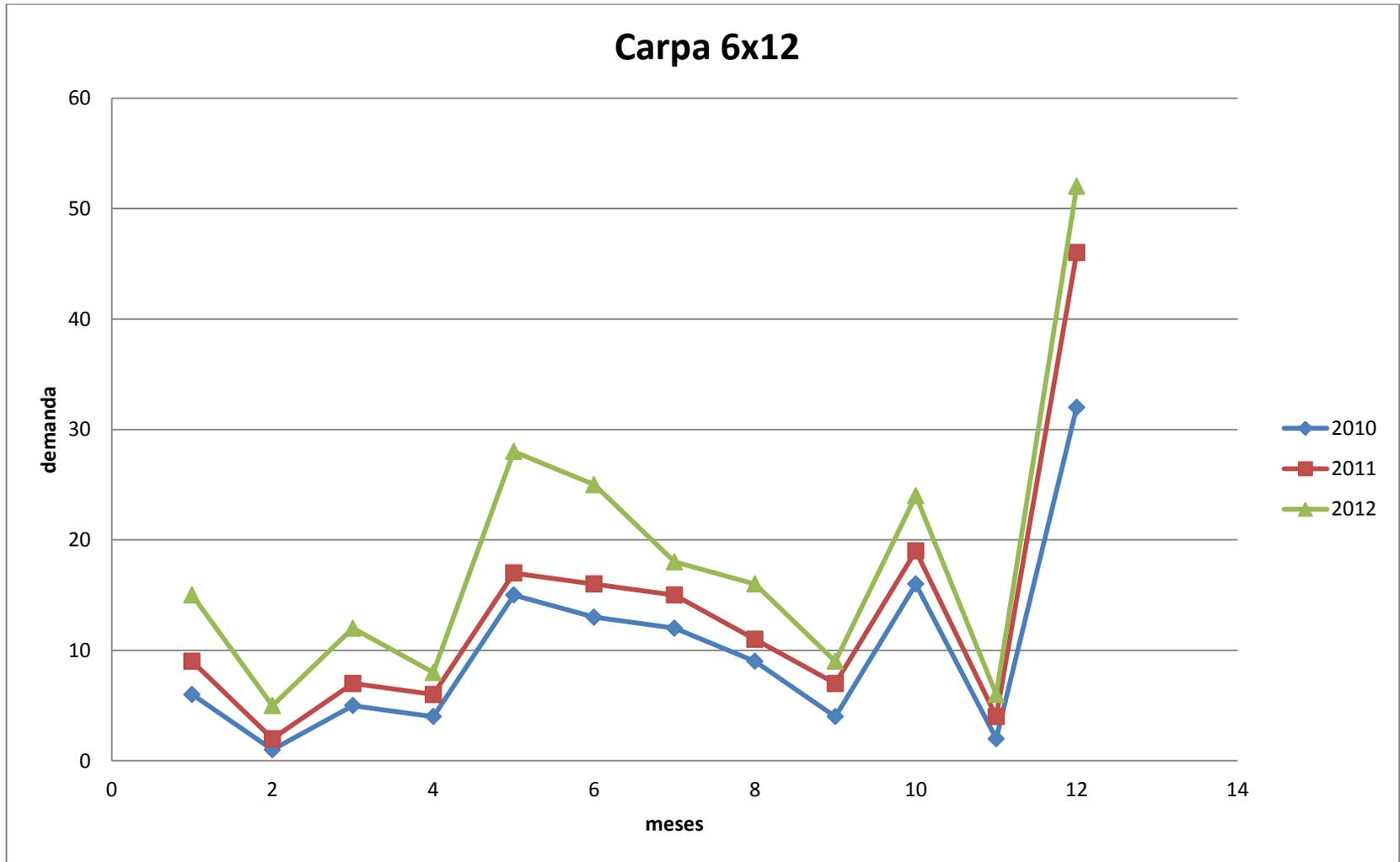
Para la realización de los pronósticos de demanda de los ítems, se utilizan métodos cuantitativos estadísticos basados en datos históricos de demanda, estos datos son fundamentales para cualquier sistema de pronósticos que se elija. En este tipo de pronósticos se asume que el comportamiento de la demanda va a ser aproximadamente igual al que se venía presentando en el tiempo, reflejado en los datos históricos disponibles.

A partir de una recolección manual se logra consolidar la demanda de cada uno de los artículos tipo A, desde enero de 2010 hasta Octubre del 2012, los valores de demanda de noviembre y diciembre de 2012 fueron dados por la empresa como demanda esperada, con el fin de completar los tres periodos (2010, 2011, 2012) necesarios para la realización de los pronósticos del año 2013. Los datos de demanda de los ítems tipo A del 2010 al 2012 se encuentran de forma mensual en **Anexo 3 “Datos para pronósticos ítems tipo A”**.

El primer paso para la realización de los pronósticos es el análisis de los datos históricos, para esto muy importante construir los gráficos que representan el comportamiento de la demanda, ya que su por medio de la observación se puede identificar cuál método de pronóstico puede ser el más adecuado para su posterior aplicación.

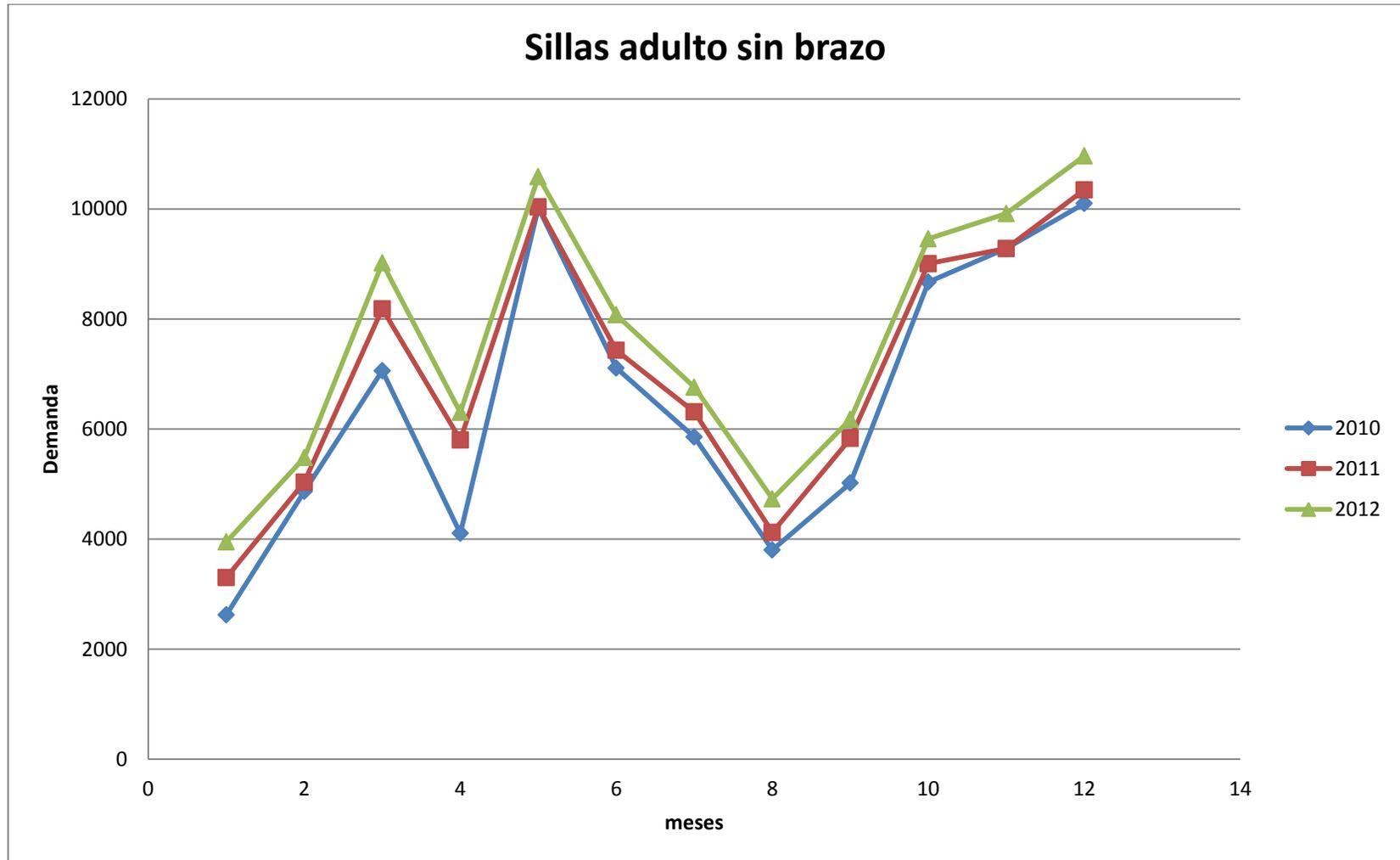
A continuación se presenta el comportamiento de los datos de los tres periodos históricos a analizar para cada ítem tipo A:

Ilustración 6. Datos históricos - Carpa 6X12.



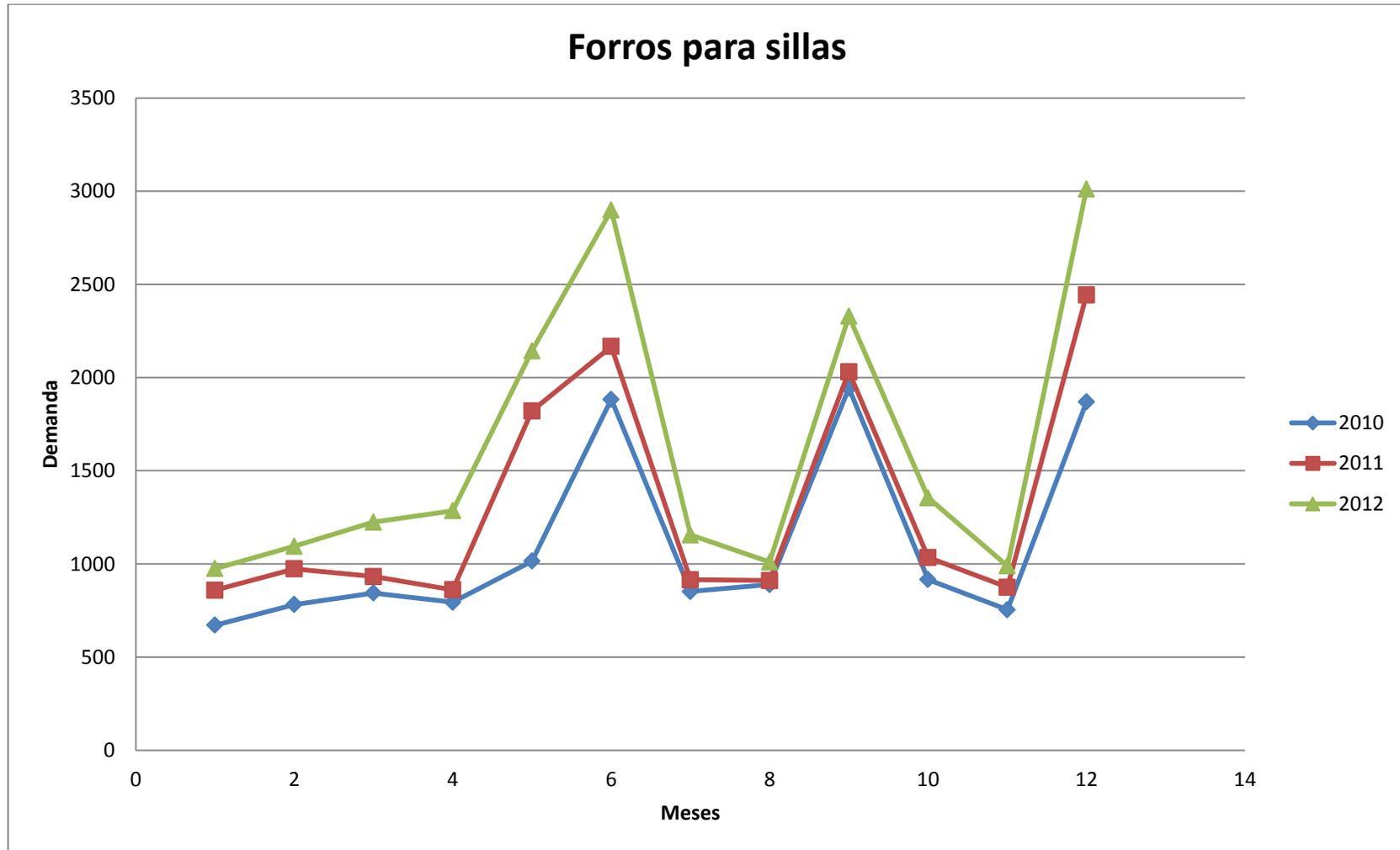
Elaboración propia.

Ilustración 7. Datos históricos – Sillas adulto sin brazo.



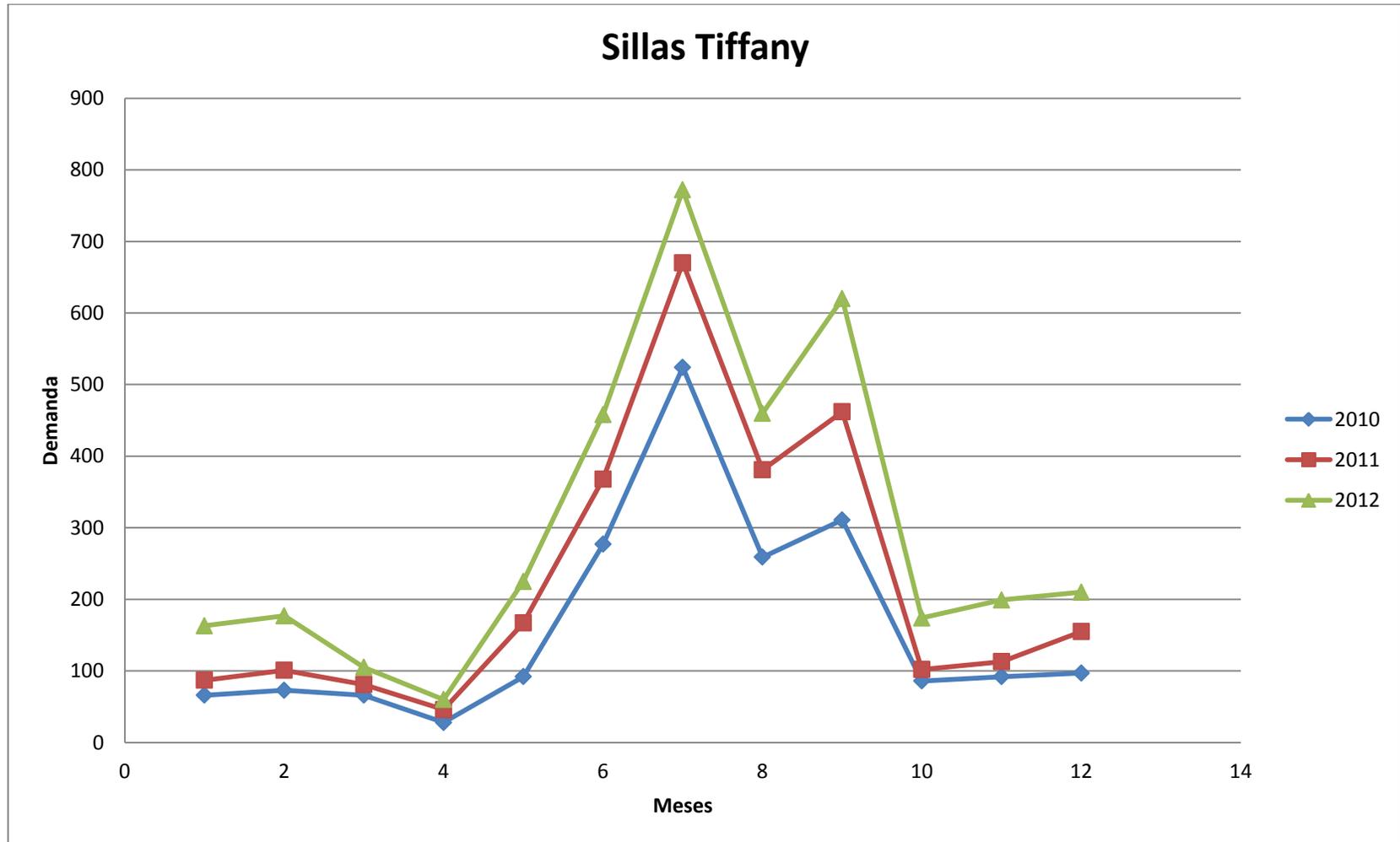
Elaboración propia.

Ilustración 8. Datos históricos – Forros para sillas.



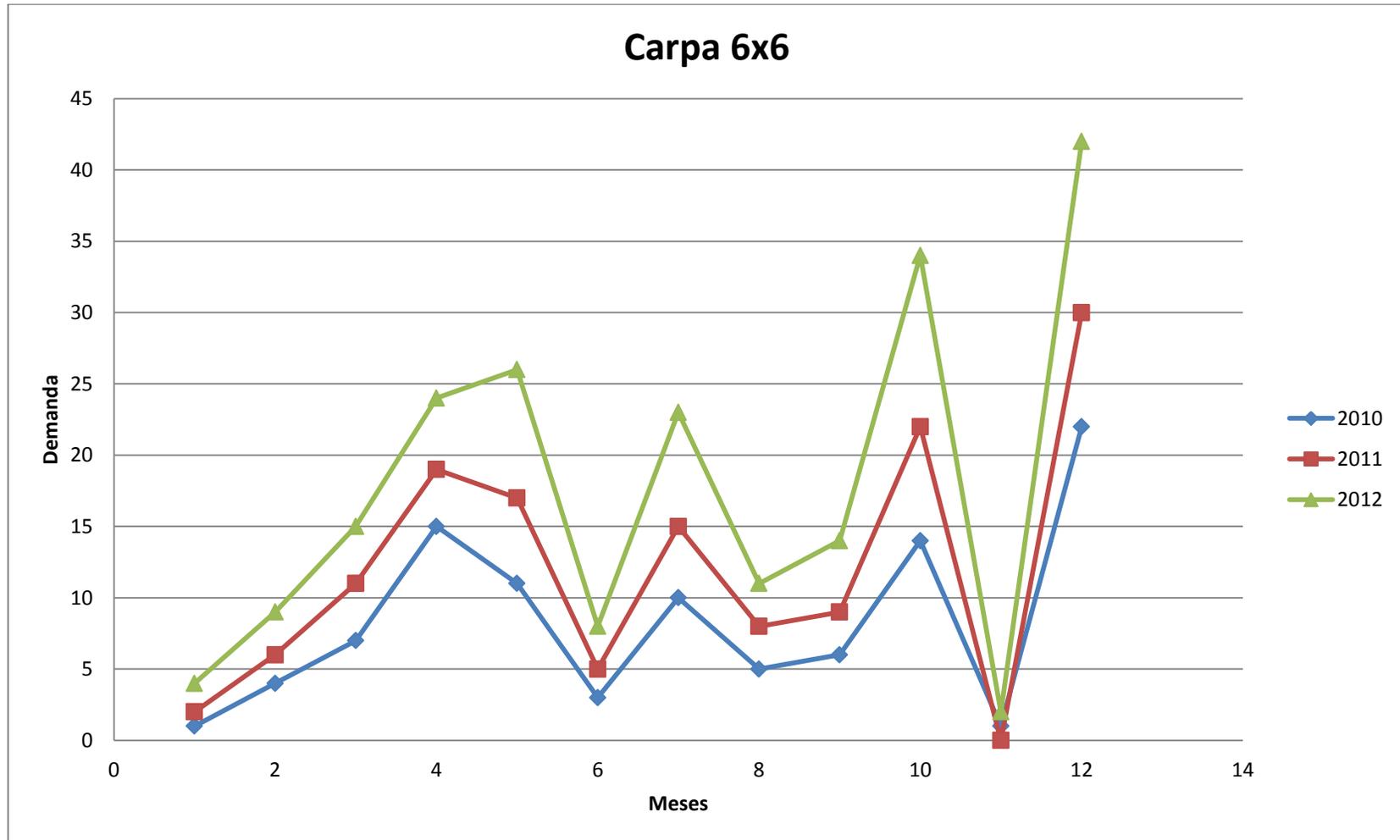
Elaboración propia.

Ilustración 9. Datos históricos – Sillas tiffany.



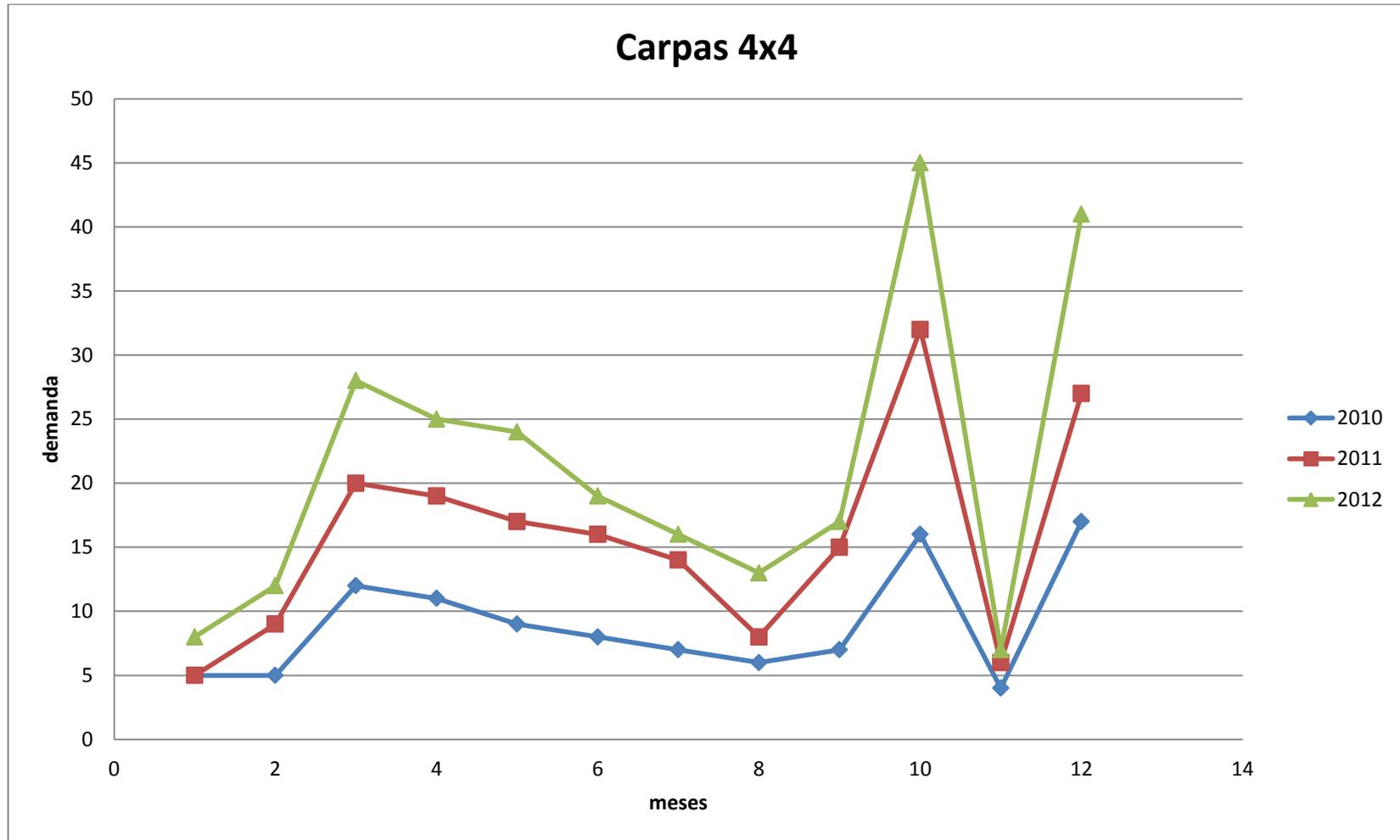
Elaboración propia.

Ilustración 10. Datos históricos - Carpa 6X6.



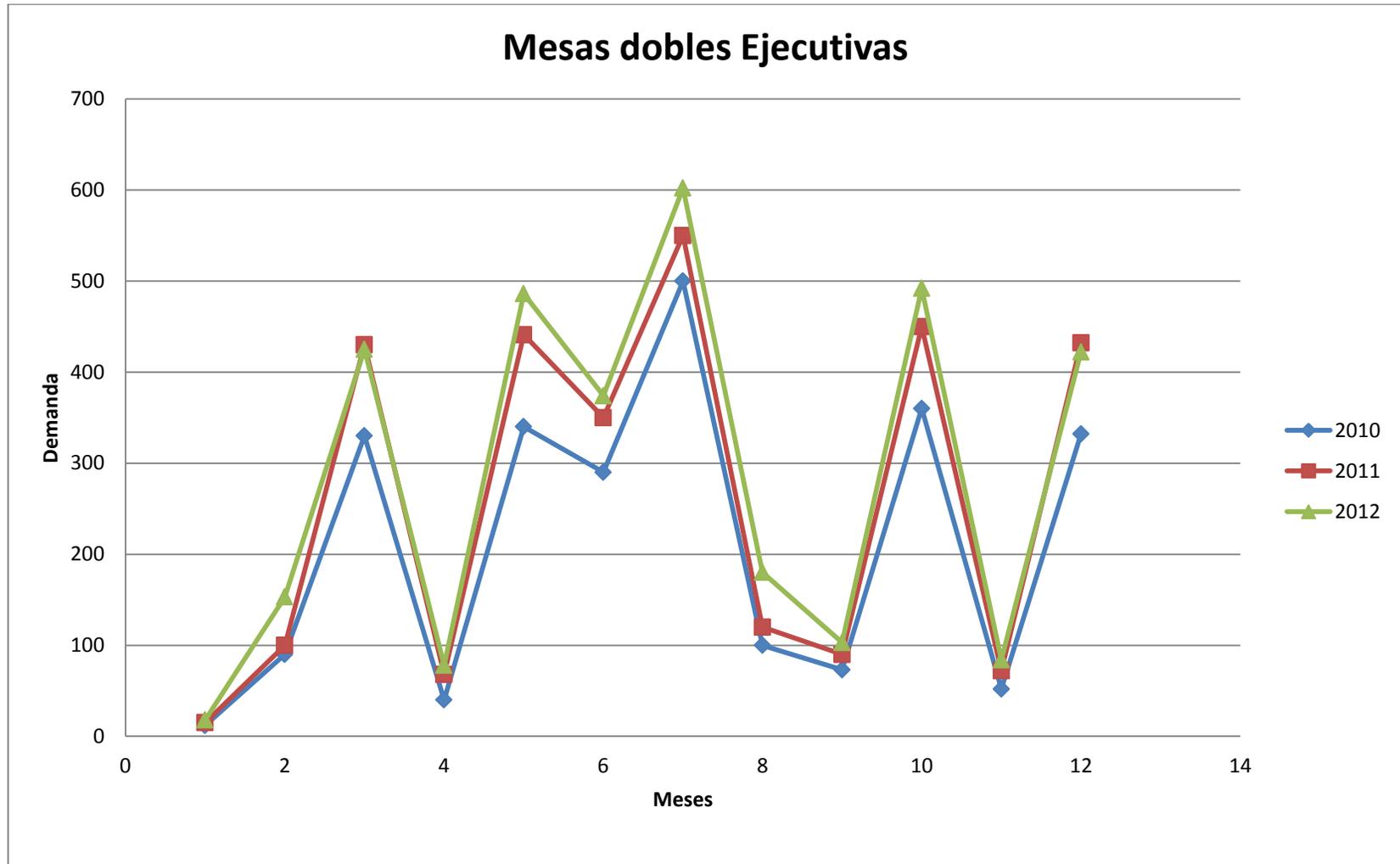
Elaboración propia.

Ilustración 11. Datos históricos - Carpas 4X4.



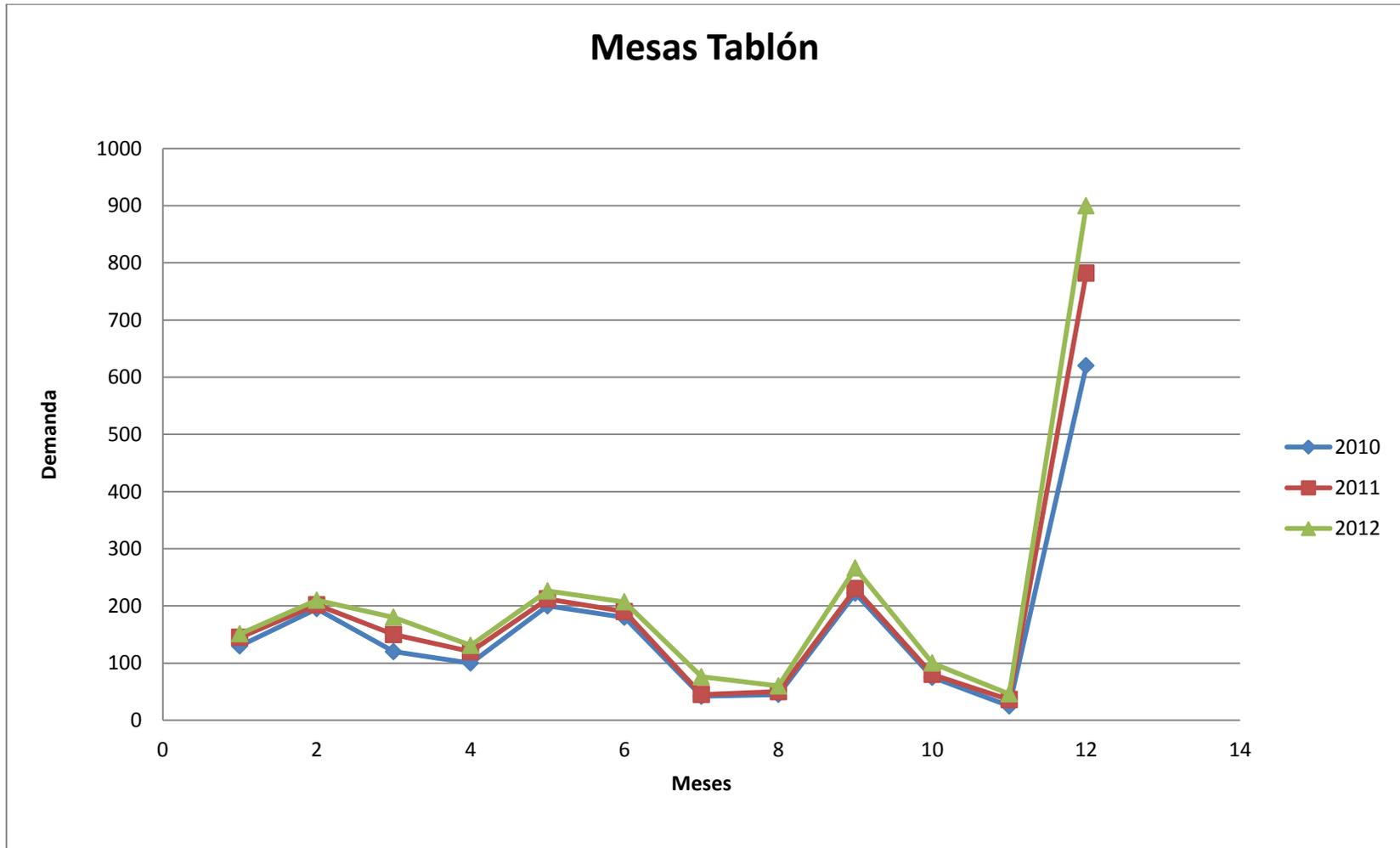
Elaboración propia.

Ilustración 12. Datos históricos – Mesas dobles ejecutivas.



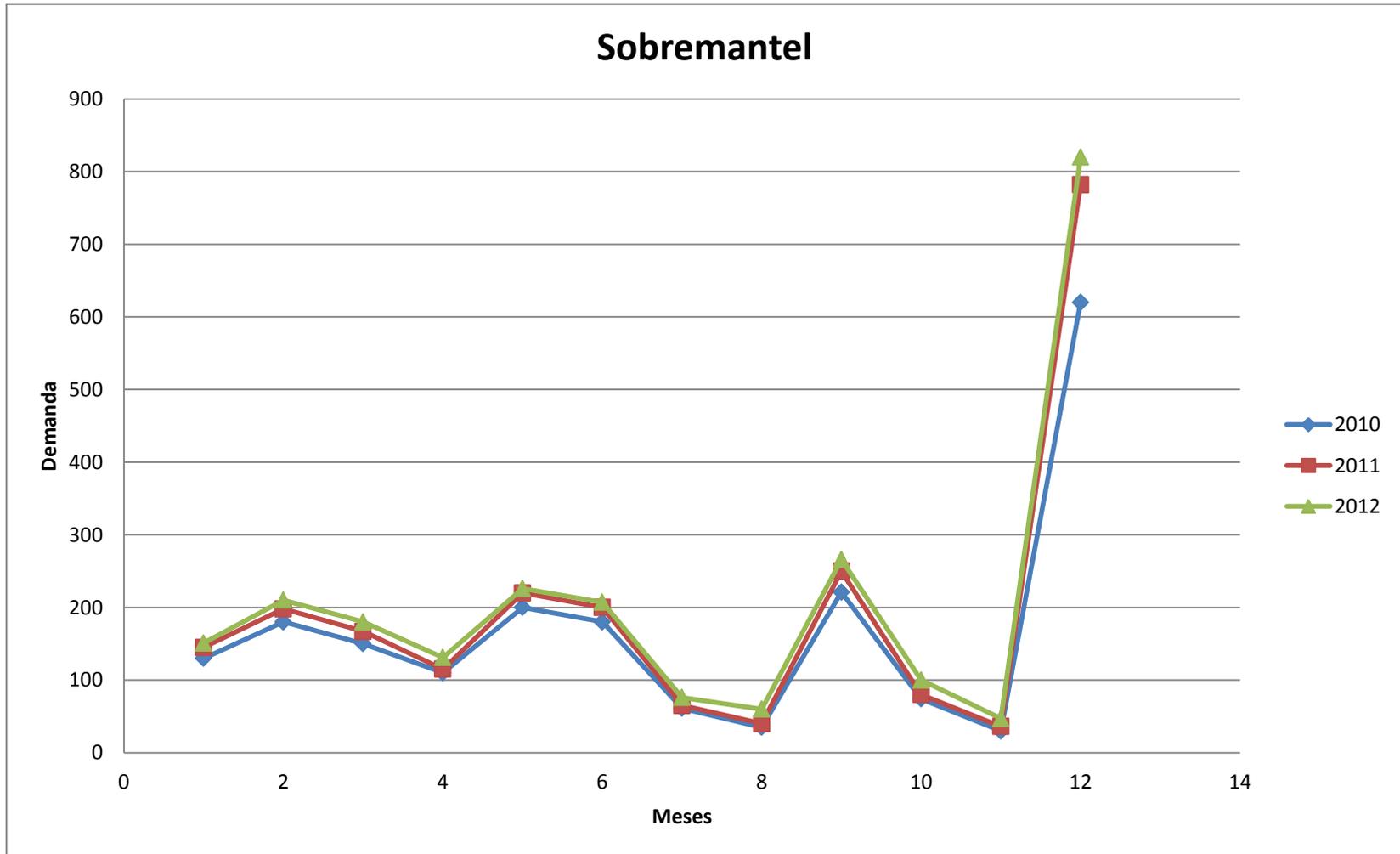
Elaboración propia.

Ilustración 13. Datos históricos – Mesas tablón.



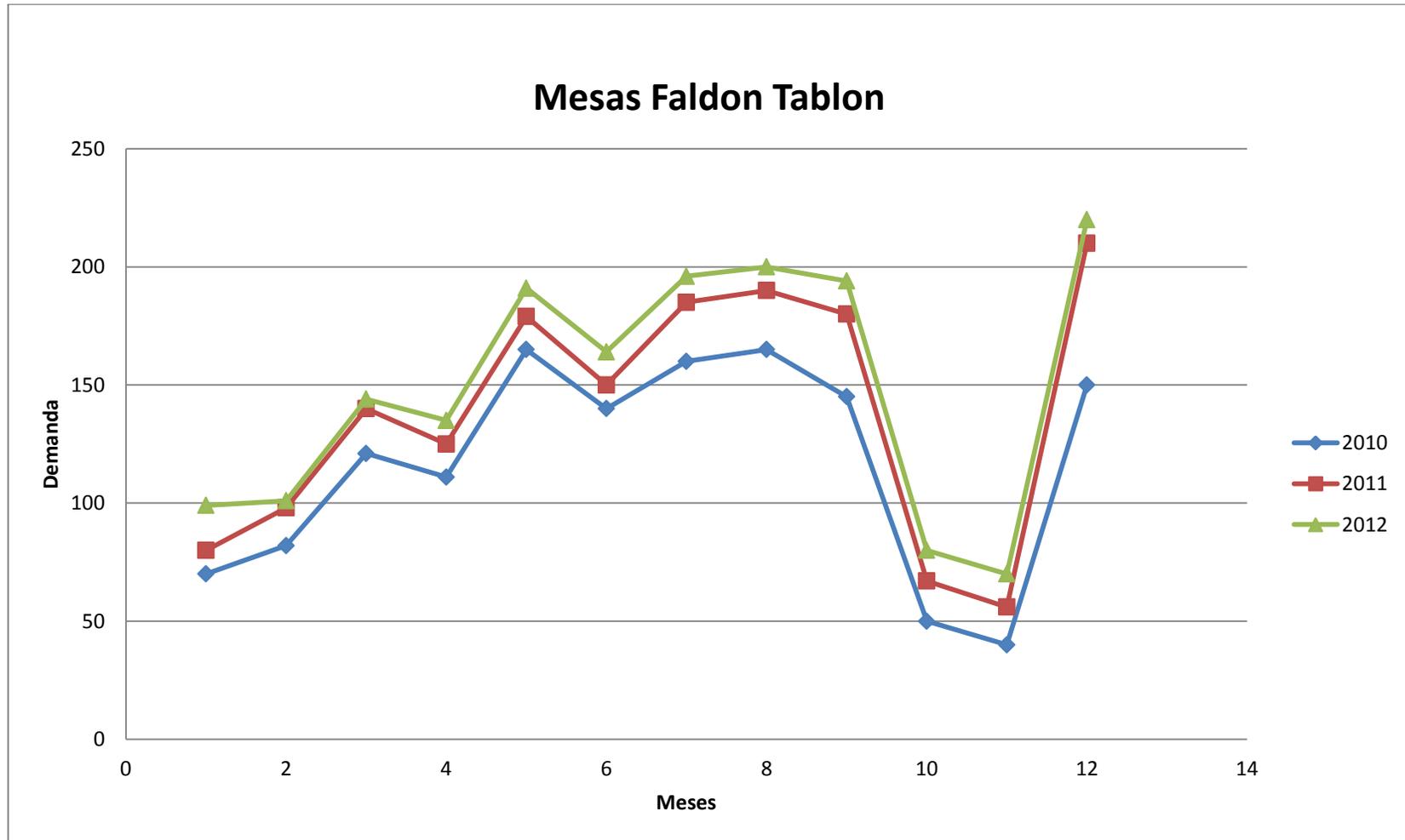
Elaboración propia.

Ilustración 14. Datos históricos – Sobremantel.



Elaboración propia.

Ilustración 15. Datos históricos – Mesas faldón tablón.



Elaboración propia.

De acuerdo con la observación de las gráficas anteriores se puede inferir que tienen un comportamiento estacional año tras año, es decir, un mismo patrón de cambio que se repite así mismo en cada periodo. Estas series de tiempo se pueden justificar bajo una variable física, que para este caso son las eventualidades tradicionales celebradas a lo largo del año y que implican el uso de dichos productos.

El objetivo del análisis de estas series estacionales es el conocimiento de su patrón de comportamiento, para así prever su evolución futura, suponiendo que las condiciones no variarán. Este análisis parte de representar las observaciones vs. el tiempo, con el fin de detectar tendencias y patrones estacionarios.

Si la variabilidad de la serie cambia con el tiempo, es conveniente aplicar una transformación a los datos que estabilice la varianza. Para verificar esto se consideran todos los datos de cada ítem la herramienta Minitab en la opción *Time series*.

A partir de se logra saber que la varianza de todos los ítems permanece aproximadamente constante, por lo que no fue necesario aplicar ninguna transformación a los datos.

5.3.1 Análisis de tendencia

El análisis de la tendencia es un método que consiste en ajustar un modelo de tendencia general a una serie estacional con el fin de realizar predicciones. Este se utiliza cuando la serie no contiene componente estacionario alguno, por lo cual se realiza en un solo período.

Para este análisis se hace igualmente uso del programa Minitab, el cual permite elegir entre cuatro modelos diferentes: lineal, cuadrático, exponencial, y curva en forma de S. El programa ofrece tres medidas para estimar la bondad del ajuste:

- $$\text{MAPE} = \frac{\sum |(y_t - \hat{y}_t) / y_t|}{n} \times 100 \quad (y_t \neq 0)$$
- $$\text{MAD} = \frac{\sum |y_t - \hat{y}_t|}{n}$$
- $$\text{MSD} = \frac{\sum (y_t - \hat{y}_t)^2}{n}$$

En las expresiones anteriores, y_t representa la observación, \hat{y}_t representa el valor pronosticado, y n el número de predicciones a realizar. Para las tres medidas, cuanto menor sea su valor, mejor será el ajuste del modelo.

5.3.2 Descomposición

El método de descomposición permite, dada una serie temporal, separarla en sus respectivos componentes: por un lado nos proporcionará la tendencia lineal y, por otro, su estacionalidad.

El componente estacional de la serie puede tener, con respecto a la tendencia, un carácter aditivo o un carácter multiplicativo. Para los datos históricos de los diferentes ítems se usa un modelo multiplicativo debido a que la variación del patrón estacional aumenta al desplazarse hacia la derecha en, se puede evidenciar en los gráficos. Si, por el contrario, la variación del patrón estacional permanece constante se usaría un modelo aditivo.

Existen muchos productos para los cuales se presenta este tipo de demanda estacional, periódica o por temporadas, un ejemplo de esta son las empresas dedicadas a adornos de Navidad, juguetes, cuadernos, flores, natilla, o como en este caso Arco iris Ltda., que es una empresa que depende de celebraciones o eventos tradicionales que se repiten cada año. La demanda de este tipo de productos se caracteriza por presentar picos en ciertos períodos de tiempo conocidos con una demanda aproximadamente uniforme en los demás períodos.

Para realizar la simulación del pronóstico estacional, se van a tomar los primeros dos años (2010- 2011) de los datos históricos para estimar los parámetros de arranque del pronóstico y se va a simular el año siguiente (2012). Se identifican,

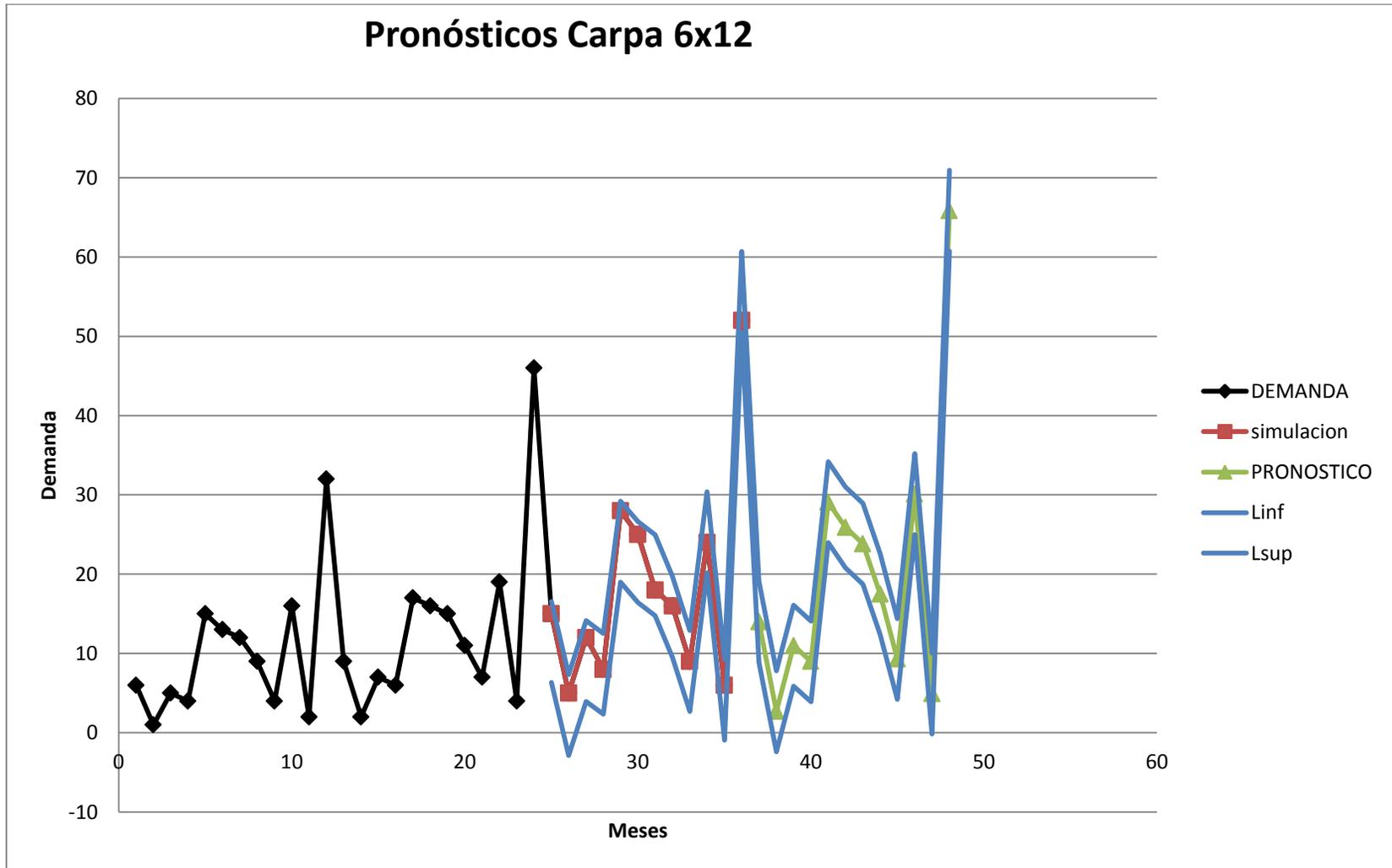
por lo tanto los siguientes parámetros del modelo, y los promedios de demanda en los años del 1 al 3:

- $M = 3$ estaciones disponibles
- Longitud de cada estación = 12 meses
- Se identifican los promedios de demanda de cada año.

Se aplican las ecuaciones necesarias establecidas en el marco teórico del proyecto en la parte de pronósticos estacionales, esto se puede encontrar en la herramienta de Excel adjuntada en el proyecto en la cual, se encuentran todos los pronósticos de los ítems Tipo A. ***Ver archivo Excel Modelodedecisión.Xls pronósticos para cada ítem.***

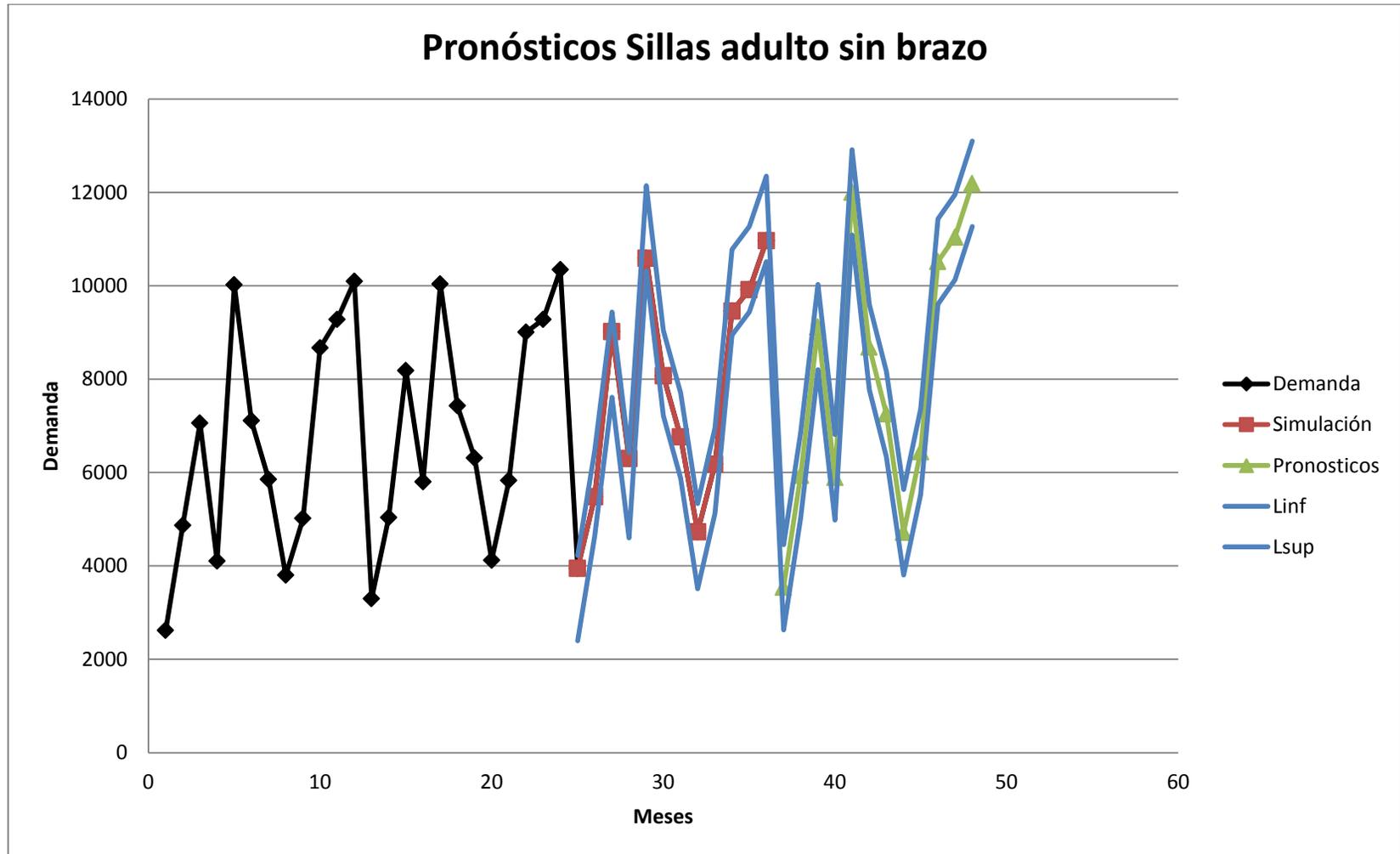
A continuación se muestra la demanda y los pronósticos que se obtienen para el año simulado y para el año de pronóstico real del desarrollo en el archivo en Excel.

Ilustración 16. Pronóstico estacional 2013 - Carpa 6X12.



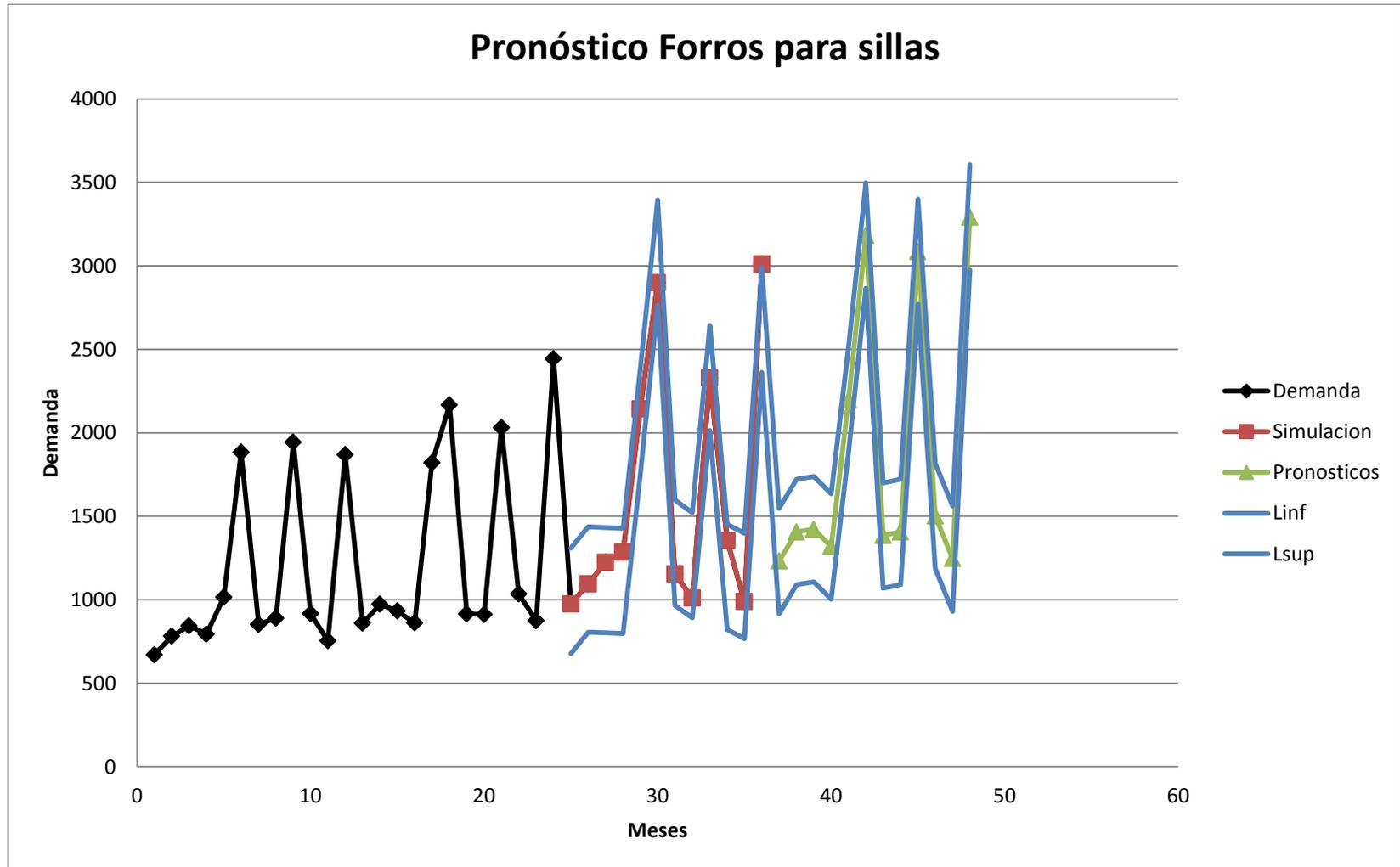
Elaboración propia.

Ilustración 17. Pronóstico estacional 2013 – Sillas adulto sin brazo.



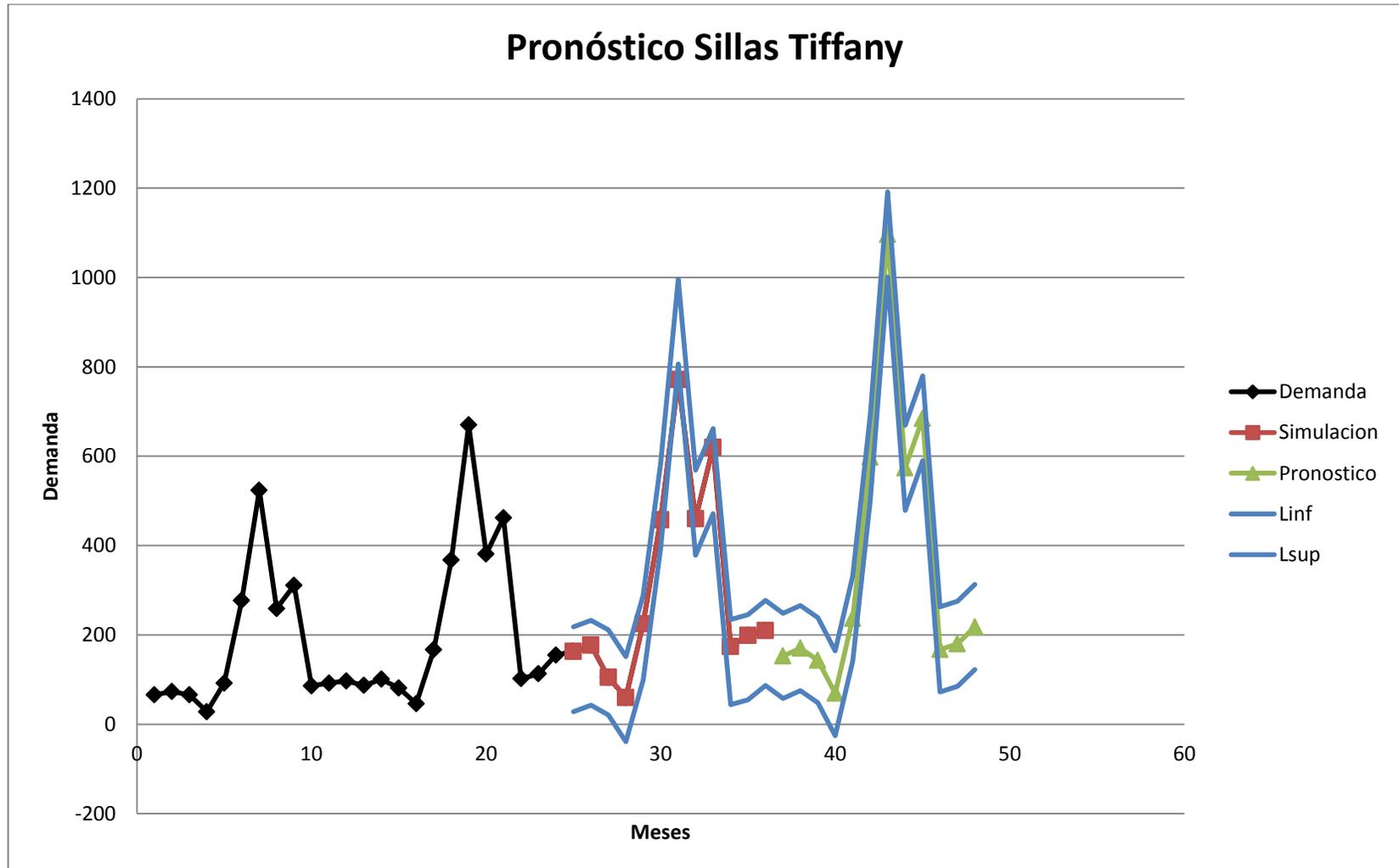
Elaboración propia.

Ilustración 18. Pronóstico estacional 2013 – Forros para sillas.



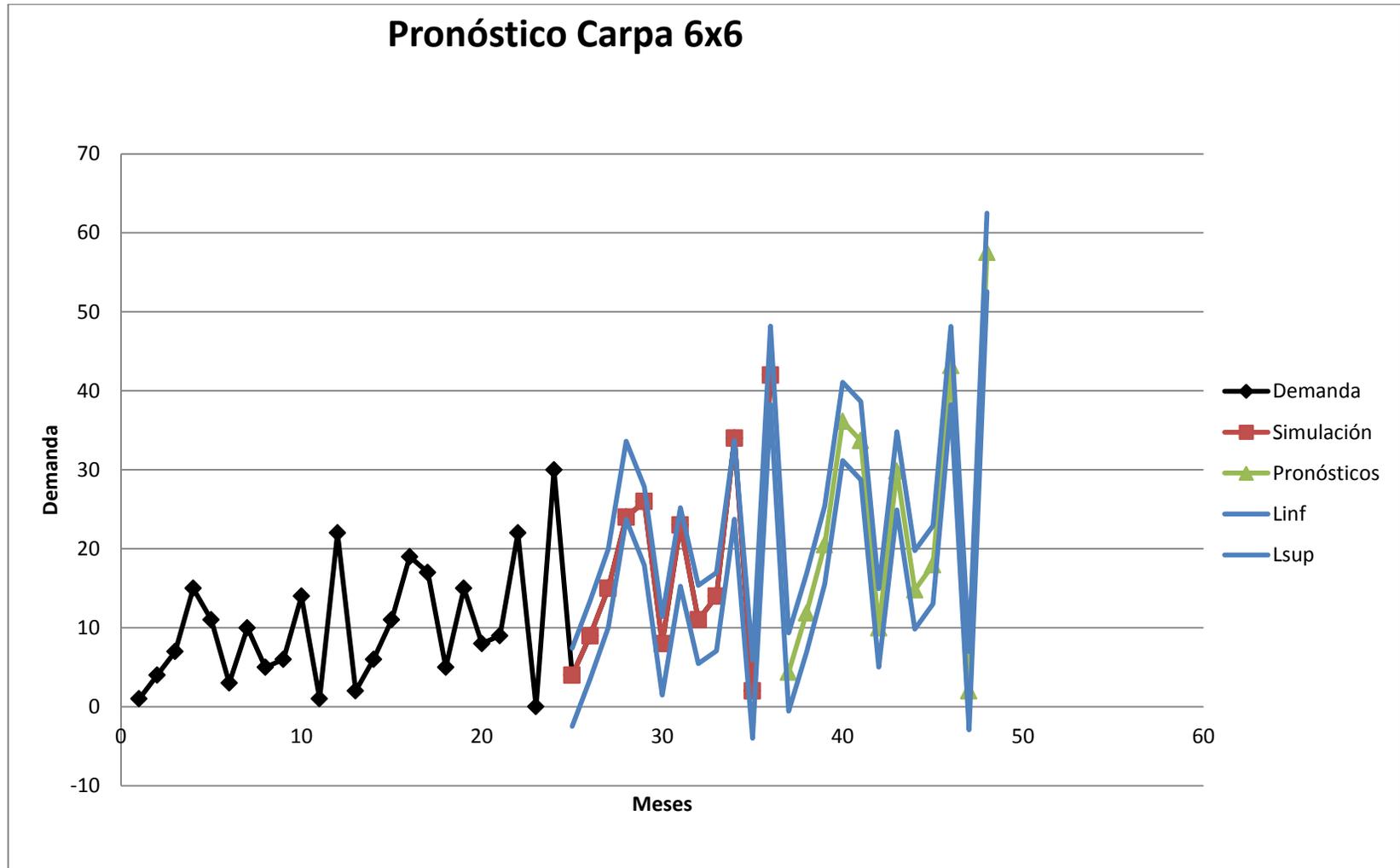
Elaboración propia.

Ilustración 19. Pronóstico estacional 2013 – Sillas tiffany.



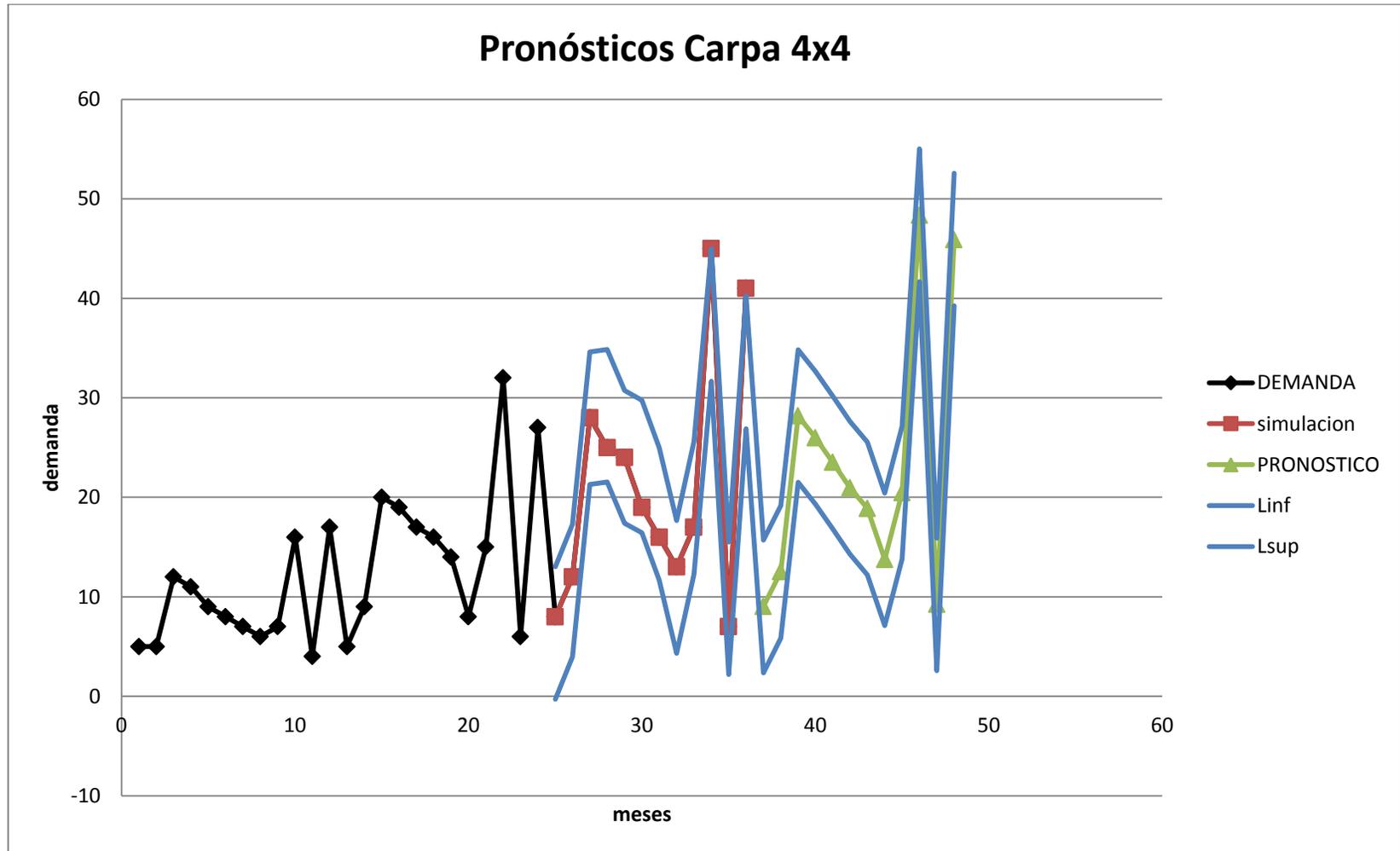
Elaboración propia.

Ilustración 20. Pronóstico estacional 2013 - Carpa 6X6.



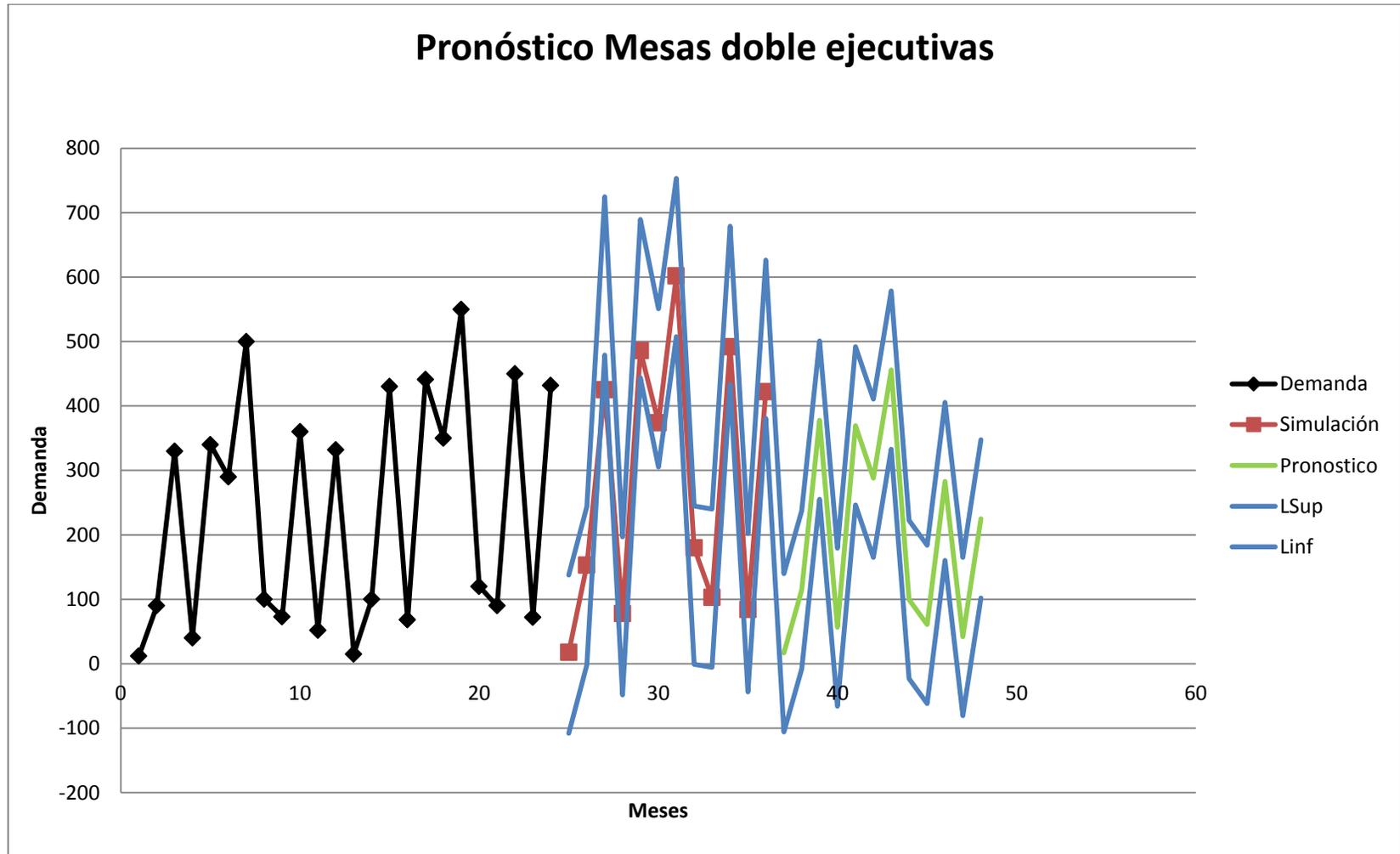
Elaboración propia

Ilustración 21. Pronóstico estacional 2013 – Carpa 4X4.



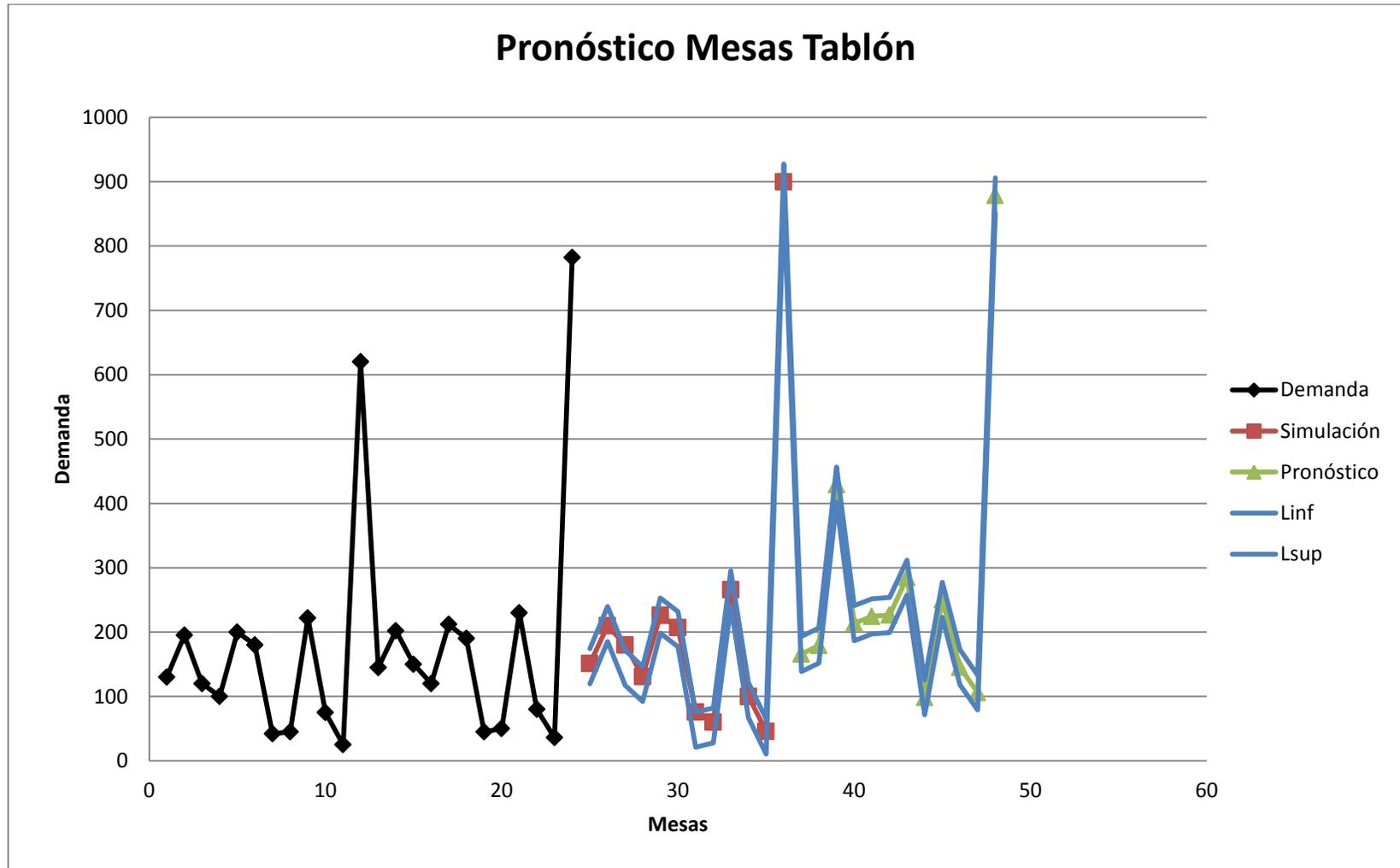
Elaboración propia.

Ilustración 22. Pronóstico estacional 2013 – Mesas dobles ejecutivas.



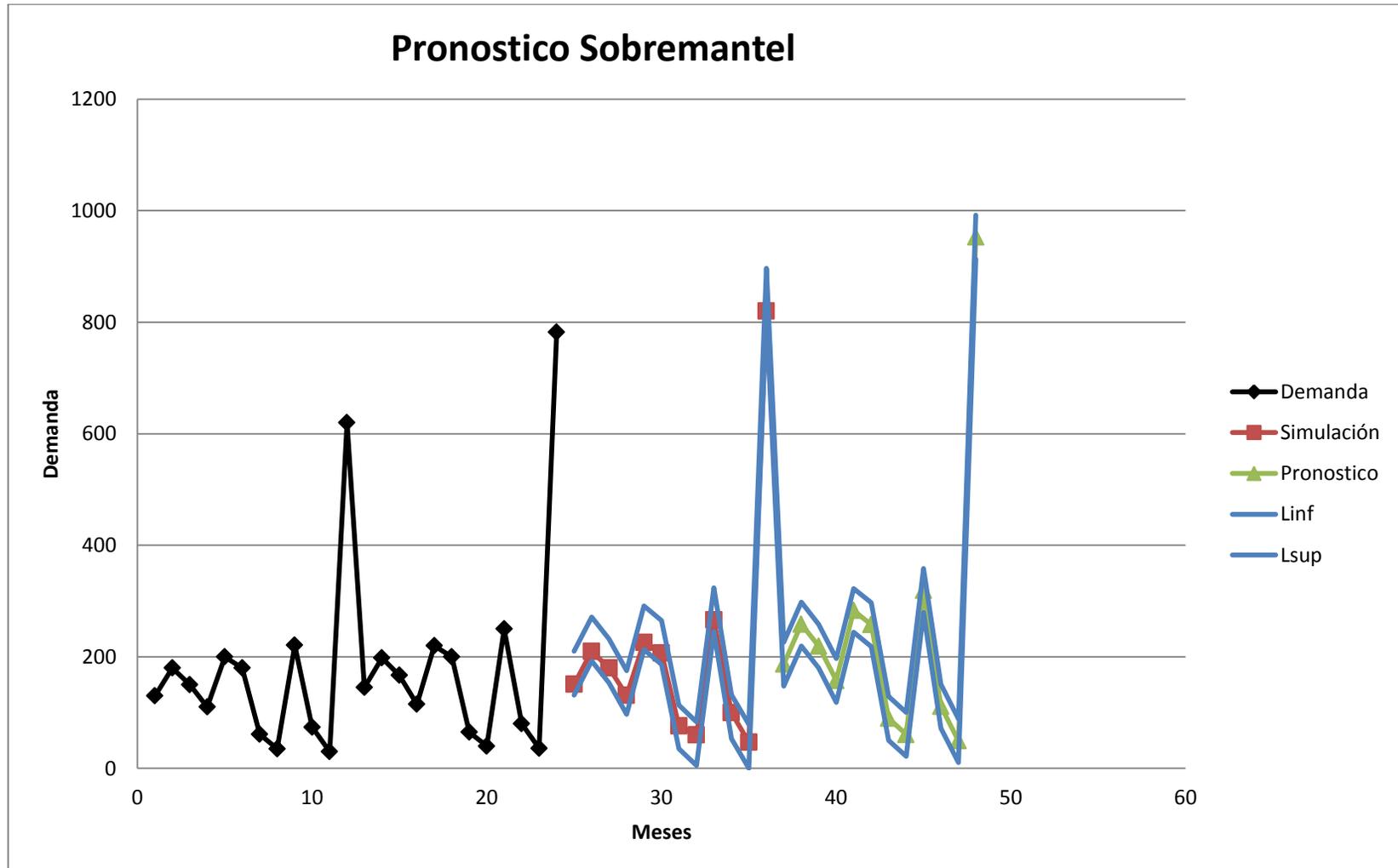
Elaboración propia.

Ilustración 23. Pronóstico estacional 2013 – Mesas tablón.



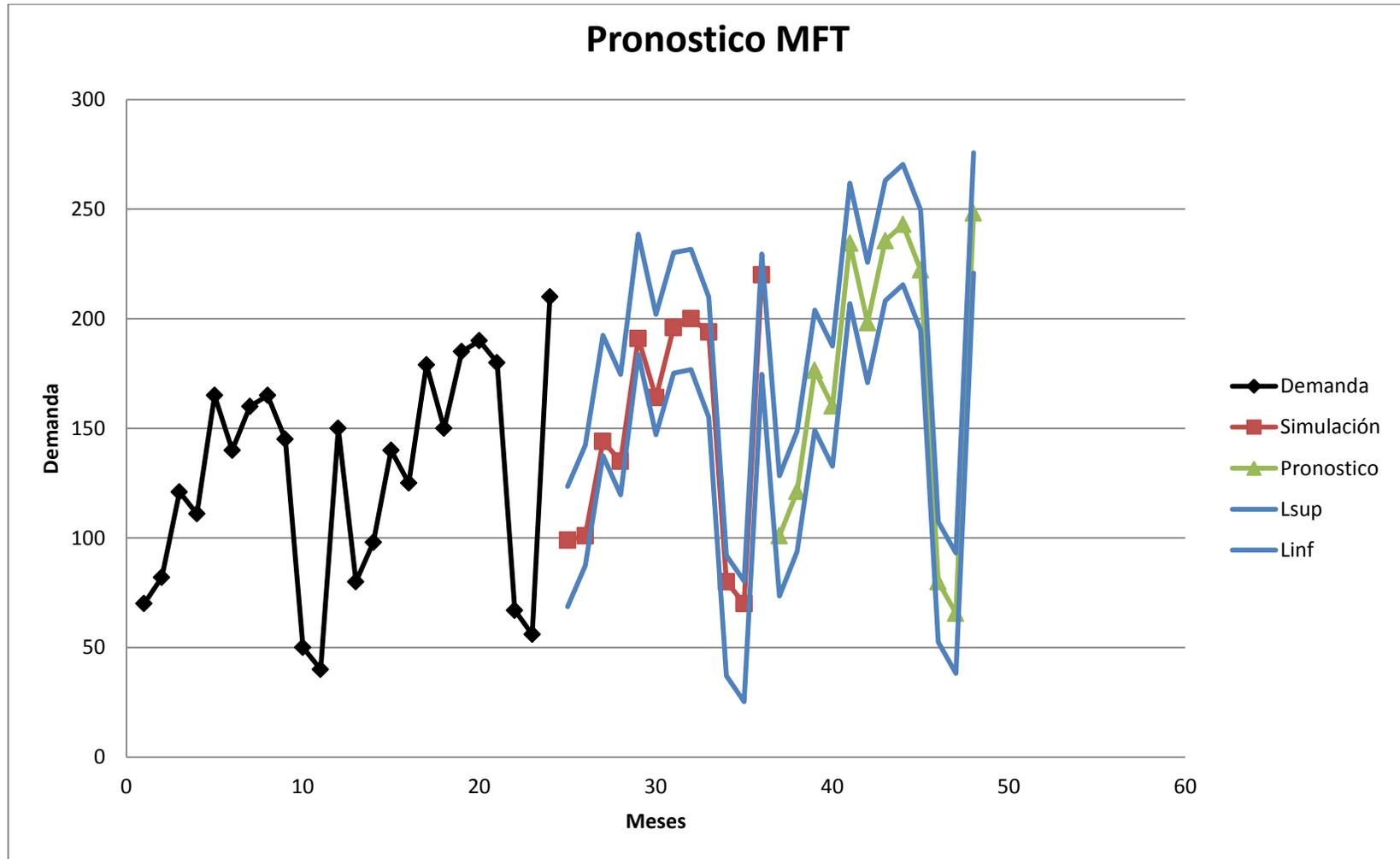
Elaboración propia.

Ilustración 24. Pronóstico estacional 2013 – Sobremantel.



Elaboración propia.

Ilustración 25. Pronóstico estacional 2013 – Mesas faldón tablón.



Elaboración propia.

5.3.3 Resumen de pronósticos 2013 para ítems TIPO A

En el archivo de los pronósticos de Excel se observa el resultado de los pronósticos regidos por el efecto de los múltiples óptimos locales alfa, beta y gamma, estos se consideran para optimizarlos mediante el complemento Solver de Excel. Este complemento permite combinar valores en las celdas cambiantes correspondientes a las constantes de suavización para tratar de encontrar el óptimo global o un óptimo relativo adecuado. Igualmente, puede cambiarse el criterio a la minimización de la celda del MAD (Desviación Absoluta Media) y el MSD (Desviación Cuadrática Media), obteniéndose otros múltiples resultados.

Es importante notar que el pronóstico proyectado para el año de 2013 aparece como si la tendencia decreciente no fuera a continuar y por el contrario se fuera a presentar una tendencia creciente. La razón de esto es que sí se observan las demandas de los dos últimos años (2010 y 2011), se evidencia un incremento año a año. Esto plantea algo muy importante cuando se trata de proyecciones, ya que estas son muy sensibles a los últimos datos que se tengan disponibles y por ello deben considerarse junto con otros aspectos para llegar a un pronóstico final. En efecto, ocurrió el aumento de demanda del año 2013, debido principalmente al incremento e interés del mercado en el sector. A continuación se presenta el pronóstico mes a mes del año 2013 para los elementos tipo A:

Tabla 2. Pronósticos 2013 para Carpas 6X12, Silla adulto sin brazo, Forros para sillas, Sillas Tiffany y Carpas 6X6.

PRONÓSTICO 2013	Carpas 6X12	Silla adulto sin brazo	Forros para sillas	Sillas Tiffany	Carpas 6X6
Enero	15	3543	1232	154	5
Febrero	3	5941	1407	171	12
Marzo	11	9116	1423	144	21
Abril	9	5896	1319	70	37
Mayo	30	12003	2197	238	34
Junio	26	8686	3182	599	10
Julio	24	7254	1385	1097	30
Agosto	18	4720	1406	575	15
Septiembre	10	6448	3085	685	18
Octubre	31	10519	1502	168	44
Noviembre	5	11041	1247	181	3
Diciembre	66	12185	3291	218	58

Elaboración propia.

Tabla 3. Pronósticos 2013 para Carpas 4X4, Mesas dobles ejecutivas, Mesas tablón, Sobremantel y Mantel faldón tablón.

PRONÓSTICO 2013	Carpas 4X4	Mesas dobles ejecutivas	Mesas tablón	Sobre mantel	Mantel faldón tablón
Enero	16	22	166	187	101
Febrero	20	151	180	259	122
Marzo	44	592	430	220	177
Abril	40	83	214	158	161
Mayo	34	601	225	284	235
Junio	30	491	227	258	199
Julio	26	805	285	90	236
Agosto	18	167	99	61	244
Septiembre	27	123	251	319	223
Octubre	58	606	146	112	80
Noviembre	13	92	107	50	66
Diciembre	54	569	879	953	249

Elaboración propia.

5.3.4 Análisis de pronósticos

De acuerdo con los resultados obtenidos en los pronósticos, se puede observar que para todos los ítems se presentan estacionalidades similares en el año. Lo anterior, se logra explicar después de una investigación que pretende encontrar que celebraciones por periodo ocasionan un alto incremento en todos los ítems. Como resultado se encuentran una serie de eventos tradicionales y repetitivos anualmente en Colombia que justifican dichas estacionalidades.

A continuación se encuentran las situaciones, celebraciones o eventos que explican las estacionalidad en cada periodo para todos los ítems.

Tabla 4. Situaciones que generan estacionalidad en cada periodo.

Meses	Celebración-Evento
Enero	Ninguna, semanas constantes
Febrero	Día de San Valentín, Tercer semana.
Marzo	Día de la mujer, Primera semana
Abril	Día de los niños, Primera semana
Mayo	Día de la madre, Segunda semana
Junio	Día del padre, Tercer Semana
Julio	Grados, constante
Agosto	Grados, constante
Septiembre	Amor y Amistad, Segunda semana
Octubre	Halloween, Cuarta Semana
Noviembre	Constante
Diciembre	Navidad, Feria de Cali, Cuarta semana

Elaboración propia.

Debido a que estas eventualidades se presentan fijas de forma semanal, un período de pronóstico ideal debería ser de una semana, pero aunque para la realización de los pronósticos no se conto con los datos semanales, la transformación de los pronósticos mensuales a semanales (o viceversa) es sencilla y puede hacerse mediante ecuaciones deducidas empíricamente.

Las fechas establecidas como patrón de estacionalidad se presentan en todos los pronósticos como un mes pico, pero para realizar una conversión de los pronósticos mensuales a semanales, encontramos semanas exactas que se clasificarían como semanas picos, estas pueden ser definidas por medio de un parámetro diferenciador a las otras semanas del mes, definido como factor β , presentado a continuación:

Tabla 5. Parámetro diferenciador β de semanas pico.

Meses	Eventualidad	Parámetro diferenciador β
Enero	Ninguna, semanas constantes	1
Febrero	Día de San Valentín, Tercer semana.	1,1
Marzo	Día de la mujer, Primera semana	1,3
Abril	Día de los niños, Primera semana	1,2

Mayo	Día de la madre, Segunda semana	1,6
Junio	Día del padre, Tercer Semana	1,25
Julio	Grados, constante	1,1
Agosto	Grados, constante	1,05
Septiembre	Amor y Amistad, Segunda semana	1,2
Octubre	Halloween, Cuarta Semana	1,4
Noviembre	Constante	1,45
Diciembre	Navidad, Feria de Cali, Cuarta semana	1,8

Elaboración propia.

Por lo anterior se recomienda manejar pronósticos semanales debido a que el comportamiento de la demanda varía en proporciones muy diferentes en tres periodos que son: entre semana (Lunes a Jueves) y fines de semana (Viernes a Domingo), y entre fines de semana de un mismo mes.

Teniendo en cuenta que se cuenta con la demanda mensual y que el inventario para satisfacer la demanda entre semana puede ser el mismo que satisface la demanda de los fines de semana, se sugiere tener en consideración lo siguiente:

- La demanda semanal debe tener un factor de repartición para todos los periodos entre semana y todos los periodos de fines de semana en un mismo mes.
- Este factor se puede considerar mediante un promedio de recolección de datos, teniendo en cuenta que la empresa, la cual trabajando más de 15 años, puede fácilmente determinar este comportamiento en su demanda mensual.
- Se conoce que la empresa funciona según las eventualidades y celebraciones tradicionales del país o la región, por lo cual la distribución de una demanda mensual se encuentra con un alto porcentaje los todos los periodos de fines de semana.

Para el desarrollo del proyecto esta la demanda mensual se distribuirá de la siguiente forma:

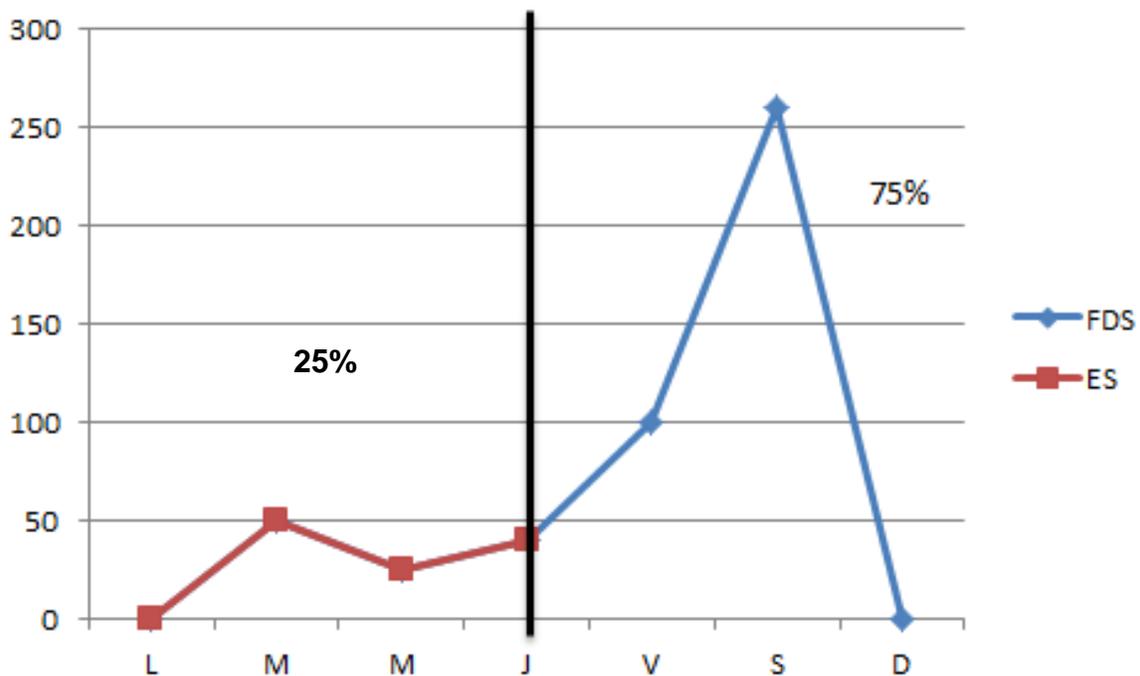
Periodos entre semana (1- α): 25%

Periodos fines de semana (α): 75%

Dt (demanda Mensual): X

Lo anterior también aplicaría para un valor de demanda semanal, como se presenta en el siguiente grafico:

Ilustración 26. Distribución de la demanda semanal para los periodos entre semana y los fines de semana.



Elaboración propia.

5.3.4.1 Repartición de demanda semanal

Es preciso identificar que a partir de una demanda mensual, se establece una demanda semanal y a partir de esta, obtenemos la demanda de entre semana y fin de semana, o a partir de una demanda mensual se establecen los periodos fin de semana y periodos entre semana de un mismo mes.

Es claro que por la naturaleza de esta empresa, la cual se diferencia de otras dedicadas a la producción o comercialización de productos, al tratarse de un servicio de alquiler, el inventario debe tener un tratamiento diferente, pues sus existencias, son elementos para el alquiler y no para la venta, es decir, un elemento alquilado comúnmente no sale del inventario de la empresa, sino que cumple la función de prestar el servicio y de volver a estar disponible para otro servicio. En conclusión, cada producto de un ítem tiene determinado número de veces que presta un servicio en un periodo. Para este proyecto este número se conocerá como rotación del ítem. Con base en esta información se puede lograr a establecer un nivel de inventario ideal que a su vez tenga en cuenta la rotación del ítem, y permita adentrarnos en un modelo que permita tomar decisiones.

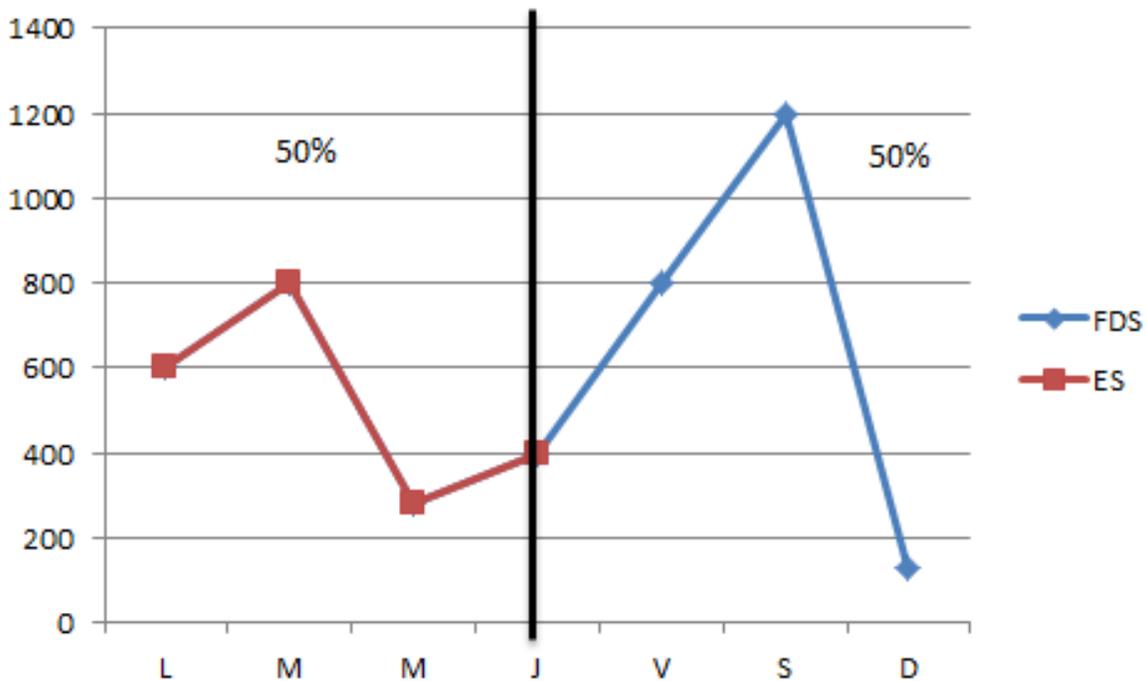
5.3.4.2 Repartición de demanda semanal en diciembre

El factor de repartición α se debe establecer como un parámetro que puede permanecer constante o variar según las estacionalidades ya conocidas. Para el desarrollo del proyecto se establecerá que todos los meses tienen igual factor de repartición excepto Diciembre en donde los periodos de entre semana se comporta igual que los fines de semana, es decir, la demanda no depende del periodo sino de las personas que se encuentran en vacaciones. En esta época se presentan las novenas navideñas, sin importar si es entre semana o fin de semana y lo mismo sucede con el periodo que comprende la feria de Cali. Por esta razón, diciembre tienen un factor de repartición de $\alpha = 50\%$.

Entre semana (1- α): 50%

Fines de semana (α): 50%

Ilustración 27. Distribución de la demanda semanal en el mes de diciembre.



Elaboración propia.

5.3.5 Nivel de Inventario Ideal

Para establecer el nivel de inventario ideal que debe manejar la empresa a través del modelo, se partió de dos supuestos los cuales se muestran a continuación:

SUPUESTOS:

1. El inventario ideal se debe establecer de forma semanal, y se toma sobre la demanda de los fines de semana ya que el inventario ideal de un fin de semana puede satisfacer la demanda semanal, teniendo en cuenta que esta es muy baja y que en la rotación de los ítems se incluye el servicio prestado entre semana.

Para esto se hace uso de los pronósticos mensuales anteriormente realizados y los parámetros β que indican que en la demanda mensual pasada a fines de semana va haber un fin de semana pico, es decir, cada demanda mensual se va pasar 4 demandas de fin de semana teniendo en cuenta que una de estas va representar un pico.

$$DFDS_t = D_t * \alpha \quad (1)$$

De la demanda mensual obtenemos la proporción que es de fines de semana, mediante el factor de repartición α . Y diferenciamos el fin de semana pico de las demás 3 semanas comunes mediante la siguiente ecuación lineal:

$$DFDS_t = 3X_t + Y_t \quad (2)$$

Donde:

X_t : Demanda de fin de semana común en el periodo t .

Y_t : Demanda del fin de semana pico en el periodo t , la cual se calcula de la siguiente manera:

- Fin de semana pico

$$Y_t = X_t * \beta_t \quad (3)$$

Donde:

β_t : Factor diferenciador de fin de semana pico en el periodo t . Este factor se encuentra en la tabla de análisis de pronósticos.

Para el fin de semana común, se despeja X reemplazando la Y en la ecuación (2), quedando de la siguiente manera en la ecuación (4):

- Fin de semana común

$$X_t = \frac{D_t * \alpha_t}{3 * \beta_t}$$

2. La rotación de un ítem (TMR-Tasa Meta de Rotación) se establece a partir de las veces físicamente posibles que un ítem puede rotar en un fin de semana, es decir 3 veces.

Por lo tanto, a partir de esta tasa de rotación meta se establecieron los niveles de inventario ideales tanto para el fin de semana común como para el fin de semana pico por medio de las siguientes expresiones:

$$\text{Nivel de inventario ideal fin de semana común} = \frac{X}{TMR} \quad (5)$$

$$\text{Nivel de inventario ideal fin de semana Pico} = \frac{Y}{TMR} \quad (6)$$

5.4 MODELO PARA LA TOMA DE DECISIONES DE COMPRA O SUBCONTRACIÓN

La toma de decisiones en una empresa es parte fundamental de los procesos que se llevan a cabo dentro en la misma, es por esto que cualquier sistema se justifica si es útil para el proceso de toma de decisiones, especialmente los que parten de pronósticos, ya que al anticiparse al futuro se pretende decidir los niveles de inventario a mantener, la determinación de las cantidades a comprar o subcontratar.

El objetivo del planteamiento de un modelo de decisión se realiza con el fin de proporcionar un tratamiento matemático al problema de inventarios que actualmente se presenta en la empresa Arco Iris Ltda. El modelo que se plantea pretende comprender la complejidad entre los picos y los valles que se presentan en una demanda estacional y establecer un balance en los costos de subcontratar y comprar.

Para el planteamiento del modelo, se partió de un modelo de programación no lineal, ya que considera que las variables de decisión tengan un comportamiento lineal tanto en la función objetivo como en las restricciones del problema, donde en objetivo además de balancear decisiones es minimizar costos. A partir de este modelo matemático se decidió plantear el mismo por medio de programación dinámica en Vensim, el cual considera unas reglas de decisión establecidas en un periodo de tiempo de 48 semanas y donde el modelo inicialmente planteado tuvo unas variaciones para adaptarse al programa de simulación.

A partir de estos dos modelos se pretende realizar una comparación que contenga los resultados de ambos y permita una mejor aproximación a la realidad. Por lo tanto, para ambos modelos es necesaria la utilización de parámetros reales para su realización y comprobación, por lo cual se elige el elemento más representativo de los 10 ítems tipo A.

De acuerdo con lo anterior, se decide aplicar ambos modelos a las **Sillas Adulto sin brazo**, el cual es uno de los ítems de mayor importancia para la empresa al representar un volumen considerable en unidades demandadas a diferencia de los otros ítems. Además representa un valor unitario de baja magnitud, por lo que se entiende que es el ítem que presenta mayor rotación y mayores ganancias económicas para la empresa.

5.4.1 Modelo en OpenSolver

El siguiente modelo tiene como objetivo realizar decisiones basadas en la optimización de costos, para lo cual se determinan los conjuntos, variables, parámetros, restricciones y función objetivo que se describen a continuación.

5.4.1.1. Conjuntos

Los conjuntos que se definieron para el planteamiento del modelo para la toma de decisiones de compra o subcontratación son:

Tabla 6. Conjuntos del modelo

Conjuntos	Índices
Ítems	i
Tiempo	t

Elaboración propia.

5.4.1.2. Variables

Las variables de decisión que logran ser resueltas por el modelo realizado en Open Solver de Excel son las siguientes:

- Compra (C_t): es la cantidad de ítems a comprar para el periodo t . Para este caso t va ser igual a un mes, es decir, la decisión de cantidad a comprar se va tomar cada mes.
- Subcontratación (S_t): es la cantidad de ítems i a subcontratar para el periodo t . Existen tres tipos de subcontratación en un mismo periodo t , esto debido a las diferentes demandas que se presentan en un mismo mes y no tiene sentido subcontratar mensualmente, pues la subcontratación que se da solo por día, es decir, presta el mismo servicio de alquiler que la empresa Arco Iris Ltda. ofrece a sus clientes. Por lo tanto, se tiene una subcontratación para entre semana (S_t^{ES}) la cual comprende el periodo que va desde el día lunes hasta el jueves por lo tanto, se toma 4 veces en un periodo t . También se define una subcontratación para el fin de semana pico (S_t^{FDS}) que se presenta una vez en un periodo t , y por último, otra subcontratación para los fines de semana normales (S_t^{FDS}) que en un periodo t corresponden a tres.

5.4.1.3. Parámetros

Dado que la decisión de compra se toma de forma mensual, el inventario de un periodo t , tiene en cuenta el inventario del periodo anterior, es decir, el inventario base del periodo, mas las compras realizadas y menos las salidas del ítem del

inventario. A continuación se muestra la ecuación que define el inventario en un periodo t .

$$I_t = I_{t-1} + C_t - \text{Salidas} \quad (1)$$

Donde:

I_t : Inventario del periodo t .

I_{t-1} : Inventario del periodo anterior.

C_t : Compras en el periodo t .

Salidas: causantes de disminución de inventario.

Es importante aclarar que las salidas del inventario dependen de diferentes factores, los cuales se describen a continuación:

- Ciclo de vida (CV_i): Este ciclo proviene de fabricación y depende de cada ítem i .
- Daños por el cliente: Se obtiene a partir de la proporción entre el número de daños ocasionados al ítem i por el cliente, sobre el total de ítems alquilados en un periodo de tiempo t . En términos de costos, se define un valor de cero debido a que los daños ocasionados al ítem son asumidos por el cliente y corresponden al mismo valor del ítem i .

Sin embargo, debido a que los daños por el cliente son asumidos por el mismo, solo se tendrá en cuenta el ciclo de vida de cada ítem. Por lo tanto, la ecuación inicialmente planteada con las variables de salida descritas se plantea de la siguiente manera:

$$I_t = I_{t-1} + C_t - CV_i \quad (2)$$

5.4.1.3.1. Parámetros de Costos Relevantes en el modelo

Los parámetros de costos en los que incurre la empresa por cada ítem i y que afectan las decisiones de la empresa son las siguientes:

- Costo de espacio en bodega (CEB): Es el costo unitario mensual del espacio que ocupa un artículo i en bodega.
- Costo de subcontratación (CS_i): Corresponde al costo asumido por la empresa cuando no tiene inventario para suplir la demanda, esta subcontratación se realiza con empresas que son la competencia de Arco Iris Ltda. y que prestan el mismo servicio, por lo que generalmente este costo unitario es igual al costo de alquiler al público establecido por Arco Iris.
- Costo de oportunidad (CO_i): Este costo se entiende como una penalización por venta perdida y es igual margen unitario de alquiler, es decir, el costo que no se esta ganando la empresa en utilidades al tomar la decisión subcontratar. Para poder hacer uso de esta penalización, es necesario establecer la diferencia entre las tasas de rotación metas previamente establecidas por la empresa y las tasas de rotación real obtenidas a partir de la demanda.
- Costo de compra (CC_i): Es el costo de incurrir en la compra de un nuevo ítem i .
- Capacidad Disponible (Cp_t): Disponibilidad de espacio en bodega para la compra de ítem en el periodo de tiempo t .
- Presupuesto Acumulado (Pa_t): Representan el 30% de los ingresos por alquileres al público.

5.4.1.3.2. Parámetros de pronóstico de demanda

Los parámetros basados en los pronósticos de la demanda para año 2013, los cuales son aplicables para cada ítem i y que afectan las decisiones de la empresa son las siguientes:

- Demanda para cada entre semana de un periodo t .

Ec. (3)

$$DESt = \frac{Dt * (1 - \alpha_t)}{Sm}$$

Donde como ya se menciono anteriormente:

D_t : Es la demanda en el periodo t .

α : Factor de repartición de la demanda para los fines de semana de un periodo t .

S_m : Promedio de semanas en un periodo t .

$$Sm = \frac{52 \text{ semanas}}{12 \text{ meses}}$$

$$S_m = 4,3$$

- Demanda para un fin de semana pico en un periodo t .

$$DFDS'_t = Y_t = X_t * \beta_t \quad \text{Ec. (4)}$$

- Demanda del fin de semana común

Ec. (5)

$$DFDS_t = \frac{D_t * \alpha_t}{3 * \beta_t}$$

Al igual que en el modelo de Vensim se necesita una tasa de rotación para establecer los niveles de inventario ideales para cada periodo t de entre semana (ES) y fines de semana (FDS).

5.4.1.3.3. Tasa de rotación meta

El objetivo de la política de plantear una tasa de rotación meta, es a partir de las tasas reales según la demanda se permita la toma de decisiones correcta de compra o subcontratación. Es necesario establecer dos tipos de tasa de rotación en periodos entre semana y en periodos de fin de semana, cada una esta determinada por un mínimo y un máximo.

- TRM_{FDSMAX} : Tasa de rotación meta máxima de fin de semana. Esta tasa de rotación es constante para todo el año y para todos los ítems
- TRM_{ESMAX} : Tasa de rotación meta máxima entre semana. Esta tasa de rotación es constante para todo el año y para todos los ítems.

Estas tasas máximas representan la rotación físicamente posible teniendo en cuenta el tiempo en transito del ítem, es decir, desde que sale de la bodega hasta su regreso. Vale la pena aclarar que la empresa define el tiempo en transito como un día. Por lo tanto, si un periodo como el fin de semana en el que se presenta mucha demanda se tiene tres días, es decir, un ítem no debe rotar más de tres veces durante el fin de semana.

Según lo anterior la tasa máxima de los periodos entre semana seria entonces 4 días, pero es consiente que entre semana la demanda es muy inferior al fin de semana y establece que su inventario rota máximo dos veces en el periodo t .

- TRM_{FDSMIN} : Tasa de rotación meta mínima de fin de semana. Esta tasa de rotación es constante para todo el año y para todos los ítems.
- TRM_{ESMIN} : Tasa de rotación meta mínima entre semana. Esta tasa de rotación es constante para todo el año y para todos los ítems.

Estas tasas mínimas se establecen teniendo en cuenta que la empresa, al comprar un ítem debe esperar un mínimo de alquileres en un periodo de retorno. Por ejemplo, sí el ítem cuesta \$10.000 y la ganancia de alquiler es \$500, se esperaría que en $(\$10.000/\$500)= 20$ alquileres se pudiera retornar el valor de la compra. La empresa estima que el tiempo financiero de retorno de la mayoría de los ítems es de 6 meses, entonces en 180 días la empresa debe presentar un mínimo de 6,6 alquileres.

5.4.1.3.4. Tasa de rotación real

Las tasas de rotación reales se obtienen a partir de la demanda pronosticada, estas se utilizan para establecer una diferenciación con las tasas metas mencionadas anteriormente y las reales con el fin de lograr penalizar la subcontratación, para de esta manera el modelo pueda tomar la decisión de compra o subcontratación bajo una minimización de costos. Estas tasas reales están definidas por la demanda y la subcontratación de cada periodo t .

- Tasa de rotación real de fin de semana pico

Ec. (6).

$$TRR_{FDS'} = \frac{DFDS't - S_t^{FDS'}}{It}$$

- Tasa de rotación real de fin de semana normal

Ec. (7).

$$TRR_{FDS} = \frac{DFDSt - S_t^{FDS}}{It}$$

- Tasa de rotación real entre semana

Ec. (8).

$$TRR_{ES} = \frac{DESt - S_t^{ES}}{It}$$

5.4.1.4. Función objetivo del modelo

La función objetivo del modelo tiene como prioridad minimizar los costos de incurrir en la decisión de compra y/o subcontratación, la cual se presenta a continuación:

Ec. (9).

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & \left[\sum_{t=1}^{12} CC_t * C_t \right] + \left[\sum_{t=1}^{12} CS_t * S_t^{FDS'} \right] + \left[\sum_{t=1}^{12} (CS_t * S_t^{FDS}) * 3 \right] \\ & + \left[\sum_{t=1}^{12} CS_t * S_t^{ES} * 4,3 \right] + \left[CEB * \frac{\sum_{t=1}^{12} I_t}{12} \right] \\ & + \left[\sum_{t=1}^{12} ((TRM_{ESMAX} - TRR_{ES}) * CO_i) * 4,3 \right] \\ & + \left[\sum_{t=1}^{12} ((TRM_{FDSMAX} - TRR_{FDS}) * CO_i) * 3 \right] \\ & + \left[\sum_{t=1}^{12} (TRM_{FDS'MAX} - TRR_{FDS'}) * CO_i \right] \end{aligned}$$

La sumatoria de cada uno de los periodos t , del valor de la compra por la cantidad, el valor cada de tipo de subcontratación por las cantidades a subcontratar, la penalización de compra que es el inventario subutilizado en bodega, establecido como el promedio de inventario por el costo de espacio en bodega por cada ítem, y la penalización de subcontratación vista como la diferencia entre las tasas meta y las reales por el costo de oportunidad.

5.4.1.5. Restricciones del modelo

Las variables de la función objetivo están sujetas a una serie de restricciones que se presentan a continuación.

1. La demanda promedio para cada periodo ya sean entre semana, en fin de semana normal o en fin de semana pico ($DESt$, $DFDSt$ y $DFDS't$ respectivamente) debe ser menor o igual a suma entre el número de unidades promedio de subcontratación para cada periodo más el producto entre el inventario total por la tasa de rotación entre semana de ese mismo periodo t .

- $DESt \leq S_t^{ES} + (I_t * TR_{ES})$
- $DFDS't \leq S_t^{FDS'} + (I_t * TR_{FDS'})$
- $DFDSt \leq S_t^{FDS} + (I_t * TR_{FDS})$

2. Las siguientes restricciones se establecen con el fin de validar el costo de penalización de subcontratación de la función objetivo, en donde la diferencia entre ambas rotaciones la meta y la real no pueden ser igual a cero. Las siguientes rotaciones indican que la tasa de rotación real de cada periodo (TRR_{ES} , TRR_{FDS} y $TRR_{FDS'}$) debe ser menor o igual a la tasa de rotación meta (máxima y mínima) del mismo periodo.

- $TRR_{ES} \leq TRM_{ESMAX}$
- $TRR_{ES} \geq TRM_{ESMIN}$
- $TRR_{FDS} \leq TRM_{FDSMAX}$
- $TRR_{FDS} \geq TRM_{FDSMIN}$

- $TRR_{FDS'} \leq TRM_{FDS'MAX}$
 - $TRR_{FDS'} \geq TRM_{FDS'MIN}$
3. Por ultimo, se establecen restricciones para la cantidad a comprar, ya que la compra en este modelo al igual que en el modelo de simulación en Vensim va depender de la capacidad de bodega y del presupuesto para compra establecido por la empresa.
- $\sum_t CC_t \leq Cap_t$

 - $\sum_t CC_t \leq \sum_t Pa_t$

5.4.1.6. Resultados del modelo

Con el modelo de decisión planteado anteriormente, se pasó a probar su funcionamiento en Open Solver, que es una herramienta de Excel que permite solucionar los modelos de programación más complejos ya que no tiene límites en el tamaño del problema a resolver. Presenta una ventaja ya que esta herramienta es compatible con las hojas de cálculo que ya tienen la herramienta Solver incorporada¹⁶.

Después de ingresar los datos del modelo a Open Solver y correrlo, se pudo corroborar tras varias pruebas el buen funcionamiento del modelo por medio del análisis de los diferentes resultados arrojados por la herramienta al cambiar los parámetros establecidos del modelo para cada corrida. De acuerdo con el modelo planteado, los resultados obtenidos en Open Solver del modelo para el ítem Sillas de adulto sin brazo son los siguientes:

Este modelo se puede encontrar en el archivo adjunto de Excel.Xls.

¹⁶ (WordPress & Atahualpa, 2012)

Tabla 7. Cantidad a comprar y subcontratar mensualmente

		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Subcontración	Compra Mensual	0	59	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1. Periodo entre semana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226
	1. Fin de semana	0	0	253	0	149	0	0	0	0	0	908	0
	2. Periodo entre semana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226
	2. Fin de semana	0	0	0	0	1323	0	0	0	0	0	71	0
	3. Periodo entre semana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226
	3. Fin de semana	0	0	0	0	149	111	0	0	0	0	71	0
	4. Periodo entre semana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226
	4. Fin de semana	0	0	0	0	149	0	0	0	0	717	71	497

Elaboración propia.

El cuadro anterior muestra las cantidades que se deben comprar mensualmente y el los periodos de entre semanas y fines de semana las cantidades a subcontratar. Los valores de compra y subcontratación presentan bastante diferencia pero es importante aclarar que las compras son ítems que ingresan al inventario y representan una demanda dada con la rotación, es decir, los valores de compra representan posteriores servicios a cumplir, mientras que los valores de subcontratación son la prestación de un solo servicio.

En la siguiente grafica se puede observar el comportamiento de las compras y la subcontratación a lo largo del tiempo, este se observa de forma semanal.

Ilustración 28. Comportamiento de las compras y subcontratación



Elaboración propia.

Dado que las características del modelo de optimización son lograr minimizar costos, se puede observar en la siguiente grafica los resultados arrojados por la función objetivo.

Ilustración 29. Resultado de la función objetivo

Total de compra en un año	\$	2.153.333,32	\$
Total de subcontratación fds'	\$	1.523.600,00	\$
Total de subcontratación fds	\$	264.000,00	\$
Total de subcontratación Es	\$	388.146,67	\$
Costo penalizar compra total de CEB	\$	29.404,57	
Total Costo de penalizar subcontratación es	\$	17.594,43	\$
Total Costo de penalizar subcontratación fds	\$	8.166,89	\$
Total Costo de penalizar subcontratación fds'	\$	1.847,33	\$
Función Objetivo	min	\$	4.386.093,21

Elaboración Propia.

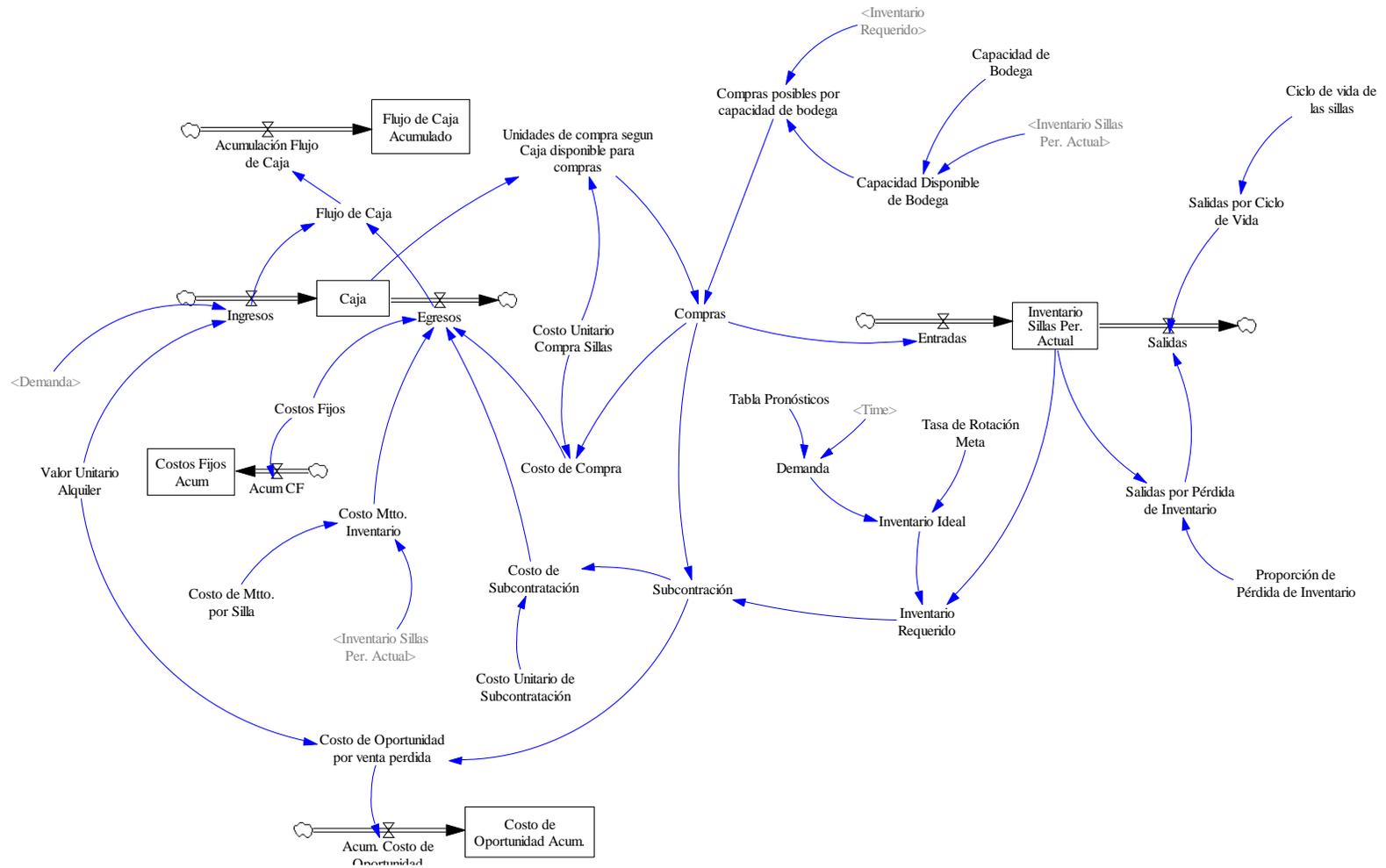
Valor total un año en un año = 4'386.093

5.4.2 Modelo de simulación dinámica en Vensim

Adicional al modelo probado en Open Solver, se planteó el modelo en Vensim, la cual es una herramienta visual de modelización que permite conceptualizar, documentar, simular, analizar y optimizar modelos de dinámica de sistemas, gracias a que provee una forma simple y flexible de construir modelos de simulación mediante diagramas de influencias y diagramas de Forrester¹⁷.

¹⁷ (Dormido Canto & Morilla Garcia, 2005)

Ilustración 30. Planteamiento del modelo en Vensim

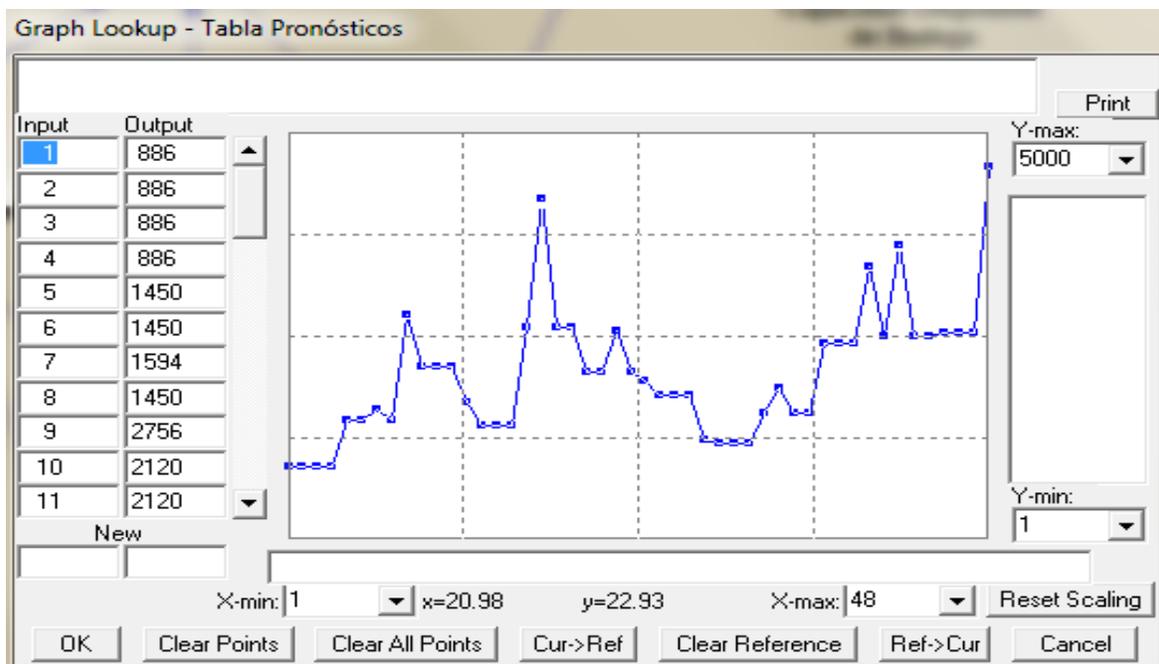


Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, la empresa Arco Iris Ltda., debe manejar pronósticos semanales con el fin de establecer inventarios ideales semanales de fin de semana que permitan la correcta toma de decisiones semanales. Por esta razón, se hace uso de la conversión de pronóstico mensual a semanal de para establecer inventarios ideales para cada periodo semanal. De esta forma se obtiene la demanda de los fines de semana de 48 semanas teniendo en cuenta los fines de semana pico.

Los pronósticos de los fines de semana se en introducen en un tabla en Vensim para con ellos establecer el parametro de demanda en el modelo, como se muestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 31. Tabla de pronósticos en Vensim-Silla adulto sin brazo



Elaboración propia.

A partir de estos datos de demanda y de la rotación físicamente posible en un fin de semana, se crea la variable de un **inventario ideal** para cada semana. Donde

la tasa de rotación es igual a 3, es decir, que en un fin de semana, un ítem salga y entre mínimo 3 veces a la bodega.

Por otro lado, la empresa tiene un inventario de silla del periodo actual que la primera variable de nivel, que depende de unas entradas que son las compras y unas salidas que es cuando se le da de baja a las sillas (salen del inventario) por dos razones: por que cumplen su ciclo de vida que para este caso las sillas tiene un ciclo de vida de 96 semanas o porque se pierden en la logística interna de la bodega de la empresa. Por lo tanto, la empresa ha establecido que la proporción de perdida del inventario es del 0.005 de lo que sale de la empresa y no ingresa de nuevo, es decir, de 1000 sillas se pierden 5.

La diferencia entre el inventario ideal y el inventario de sillas del periodo actual nos general un inventario requerido, el cual indica que cantidad de inventario necesita la empresa para satisfacer la demanda de sus clientes. En este momento es donde el modelo de Vensim debe tomar la decisión de comprar o subcontratar.

Para este modelo antes de tomar la decisión de subcontratar, se analiza la posibilidad de comprar y para esto, se debe tener en cuenta las compras posibles por la capacidad de bodega y unidades de compra según la caja disponible. Las compras posibles por la capacidad de bodega es el mínimo entre el inventario requerido y la capacidad disponible de bodega, a su vez la capacidad disponible de la bodega es la diferencia entre la capacidad de la bodega (unidades) y el inventario de sillas del periodo actual. La capacidad de la bodega es un parámetro definido por la empresa de 1000 unidades.

Las unidades de compra según la caja disponible obedecen a la caja y al costo unitario de compras de sillas. El costo unitario de compras de sillas es un parámetro que tiene el valor de \$20.000 y la caja que es una variable de nivel la cual tiene los ingresos como entradas y los egresos como salidas. La diferencia entre estos, es el valor que se va acumulando en el tiempo. Los ingresos están dados por la demanda y el valor unitario de alquiler que tiene un valor de \$300 al público, y los egresos, dependen de los costos fijos, costos de mantenimiento del inventario, costo de subcontratación y costo de compras.

Los costos fijos corresponden a \$100.0000 mensuales. El costo de mantenimiento del inventario depende del costo de mantenimiento de una silla que tiene un valor de \$50 por inventario de sillas del periodo actual. El siguiente costo es el de la subcontratación, el cual depende de las unidades subcontratadas y de costo unitario de subcontratación que corresponde a \$300. La diferencia entre los ingresos y los egresos genera un flujo de caja importante para su posterior análisis en el tiempo.

Después de que el modelo descarta la posibilidad comprar, ya sea porque no hay capacidad disponible o suficiente efectivo para realizar la compra, se decide subcontratar, las unidades subcontratadas son la diferencia entre el inventario requerido y las unidades compradas. Sin embargo la subcontratación genera un costo de oportunidad que depende del valor unitario de alquiler que como ya se dijo, tiene un valor de \$300 y además, depende de las unidades a subcontratar. Vale la pena aclarar, que en esta situación de subcontratación la empresa no tiene obtiene ninguna rentabilidad pues alquila a sus clientes al mismo valor que alquila la silla, por el contrario tiene una venta perdida o un costo de oportunidad importante entrar a analizar, lo anterior se hace para cumplir al 100% los requerimientos de sus clientes y así mantener la fidelidad que ellos tienen hacia la empresa.

Vensim es un programa que permite el análisis de una simulación dinámica mediante parámetros causales, a partir de él se pueden realizar graficas comparativas y realizan diferentes experimentos con el cambio de parámetros. Por esto a partir del modelo ya establecido de las sillas se puede hacer en el, todo tipo de ítems ingresando los parámetros necesarios y poder comparar entre ítems.

Los parámetros que se necesitan para correr el modelo cualquier ítem i son los siguientes:

- Demandas del fin de semana del ítem i
- Tasa de rotación meta (es la misma para todos los ítems) = 3
- Capacidad de bodega para el ítem i
- Ciclo de vida en semanas del ítem i
- Proporción de pérdida del inventario del ítem i
- Costo unitario de compra del ítem i

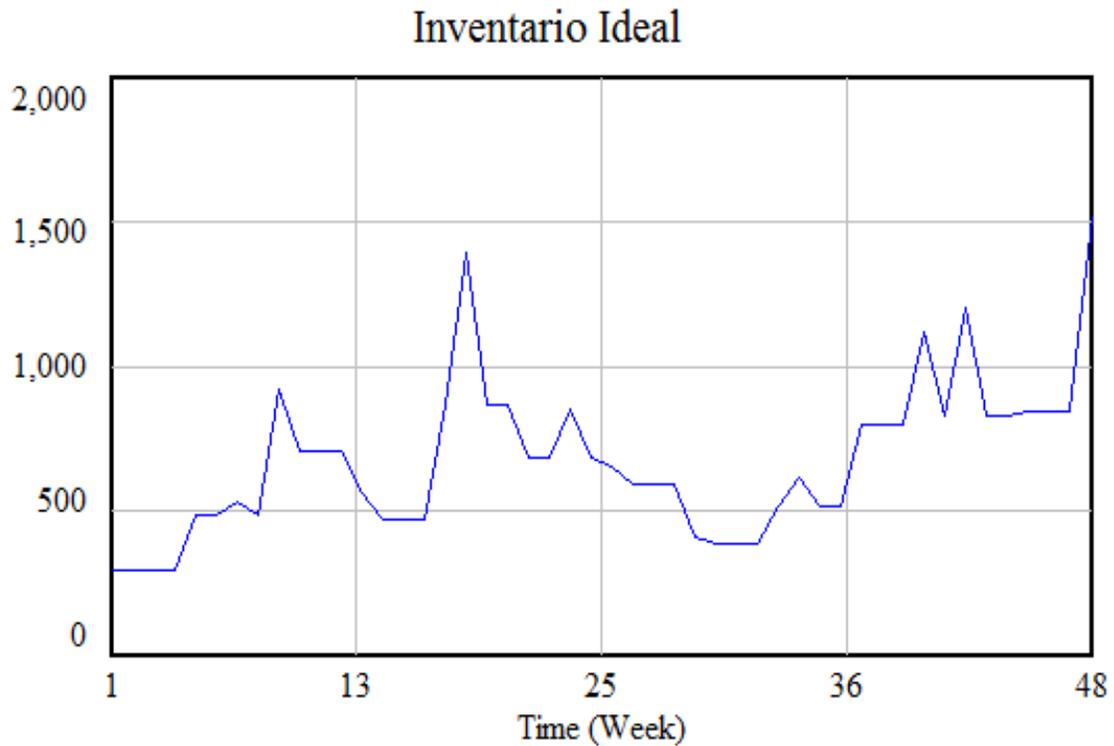
- Costo unitario de subcontratación del ítem i
- Costo unitario de mantenimiento del ítem i
- Valor de alquiler al público del ítem i
- Costos fijos semanales

De acuerdo con el ejemplo utilizado para el modelo de las sillas adulto sin brazo se pueden realizar el análisis de las siguientes graficas que muestran el comportamiento a través del tiempo.

5.4.2.1 Análisis de gráficas

El modelo corre por 48 fines de semana establecidos con los pronósticos mensuales donde el inventario ideal es la cantidad de ítems que se deben tener en cada semana para lograr satisfacer el 100% de la demanda, Se observa en la ilustración 34 que el inventario ideal logra proporcionar una visión de cómo debería ser la pendiente que balancee los picos y los valles del comportamiento de esta demanda, de esta forma se establecen los inventarios en una empresa manufacturera pero debido a que en este caso podemos tomar diferentes decisiones semanalmente el inventario ideal no será la pendiente ni trazar una línea en el promedio sino cada pico y cada valle que se presenta en el tiempo t.

Ilustración 32. Inventario Ideal

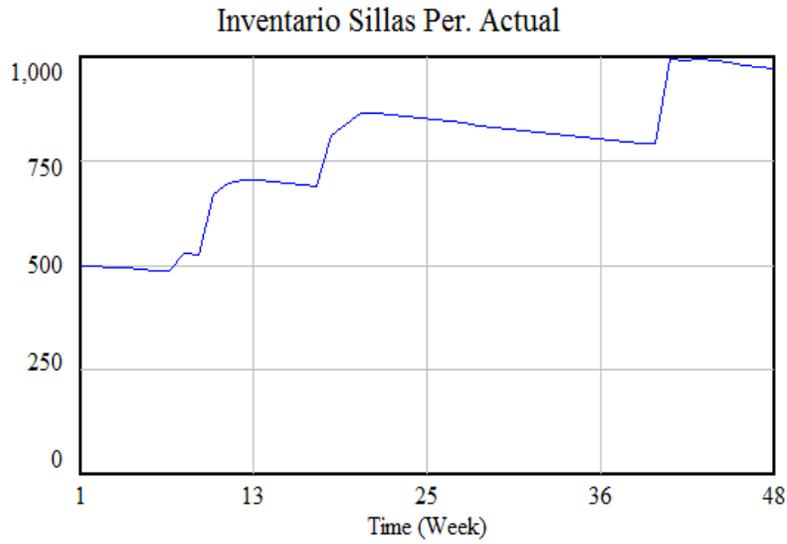


Inventario Ideal : Current 

Elaboración propia.

El inventario requerido el cual se muestra en la ilustración 36, tiene en cuenta el inventario de sillas en el periodo actual en bodega que se muestra en la ilustración 35 por lo cual no es siempre necesario realizar compras o subcontrataciones, es decir, existen semanas en las que la empresa puede suplir la demanda con sus existencias y no debe tomar ninguna decisión los picos muestran las cantidades y en los tiempos que se requieren.

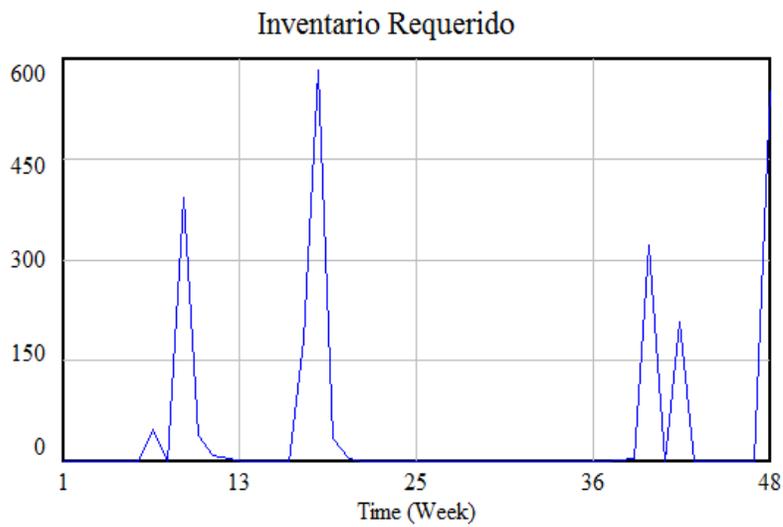
Ilustración 33. Inventario sillas periodo actual



"Inventario Sillas Per. Actual" : Current

Elaboración propia.

Ilustración 34. Inventario requerido

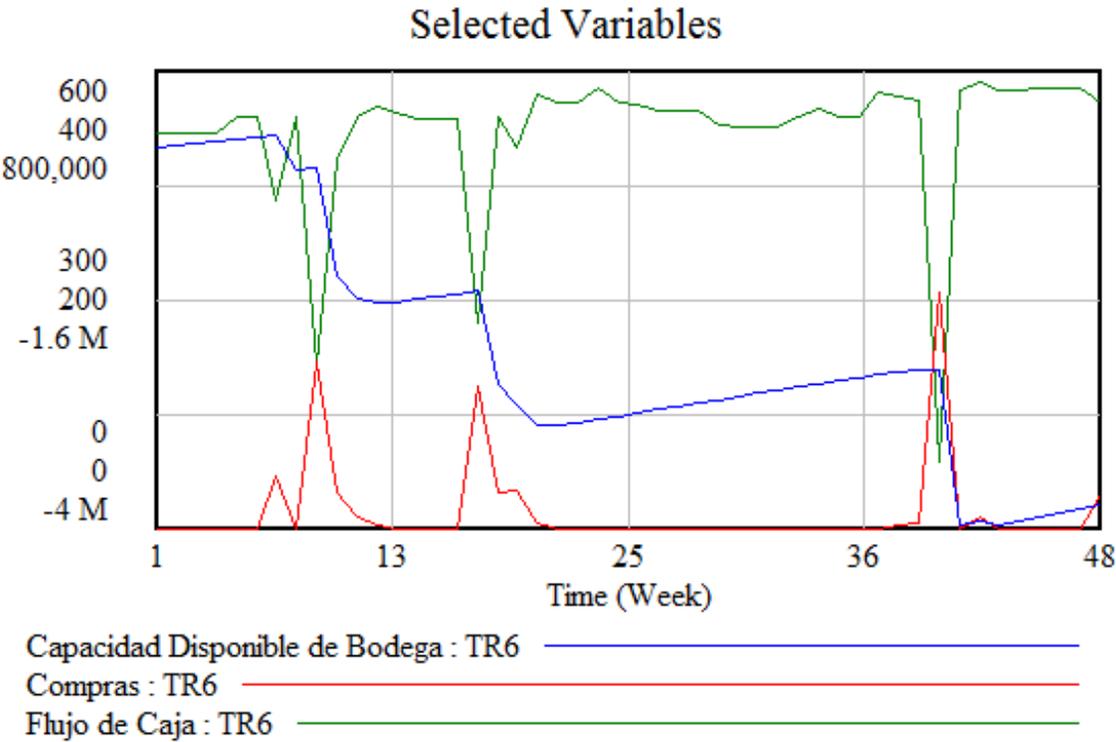


Inventario Requerido : Current

Elaboración propia.

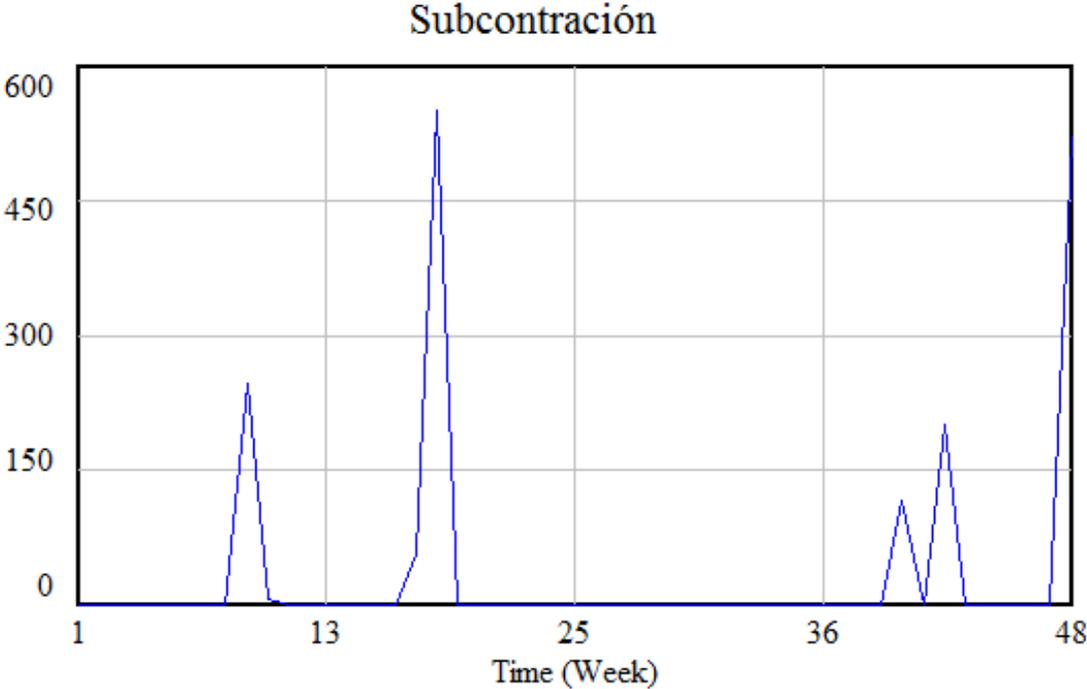
La decisión de compra depende de dos factores, los cuales se observan en la grafica siguiente (ilustración 37), en esta se evidencia que cuando se realiza la compra el efectivo en caja y la capacidad disponible de bodega disminuyen, al igual que cuando no hay efectivo o no hay capacidad se subcontrata, lo cual se puede observar en la ilustración 38.

Ilustración 35. Comportamiento de las compras, el flujo de caja y la capacidad disponible de bodega



Elaboración propia.

Ilustración 36. Comportamiento de la subcontratación

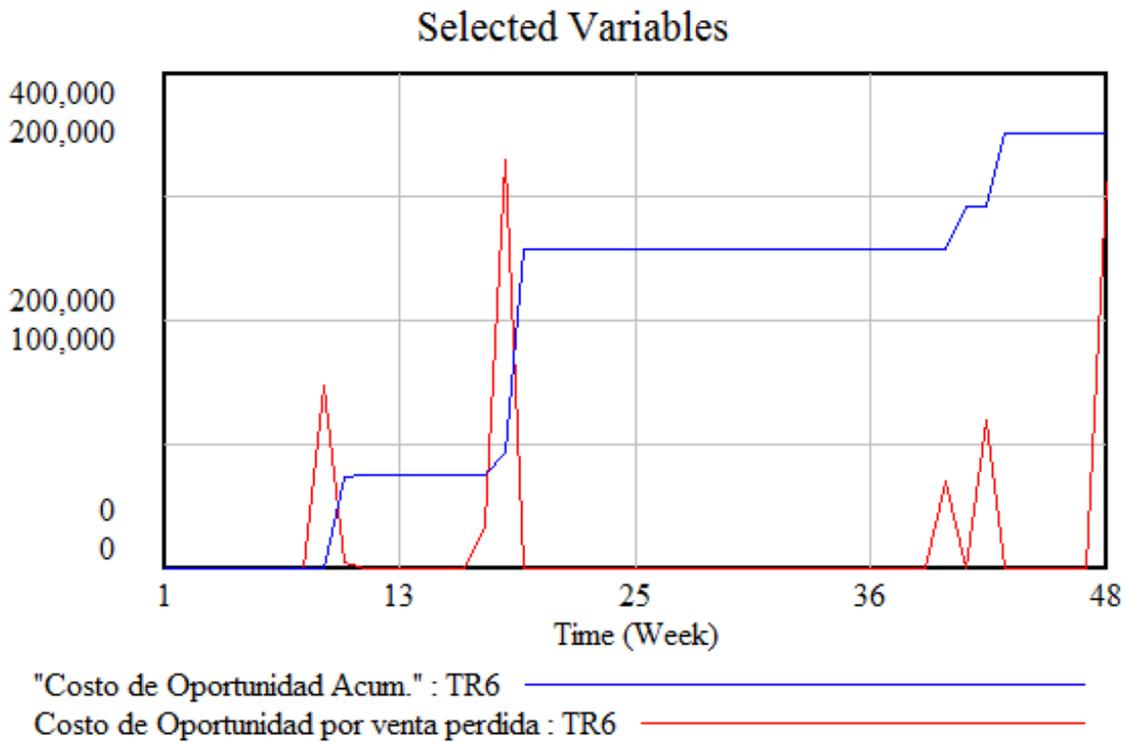


Subcontratación : TR6 _____

Elaboración propia.

En cuanto a oportunidades financieras, se evidencia en la siguiente gráfica un costo de oportunidad el cual es directamente proporcional a la subcontratación, por esta razón la empresa establecer medidas para que este costo se logre ver en sus resultados financieros como utilidades recibidas y no como ventas perdidas.

Ilustración 37. Comportamiento del costo de oportunidad acumulado vs el costo de oportunidad por venta perdida

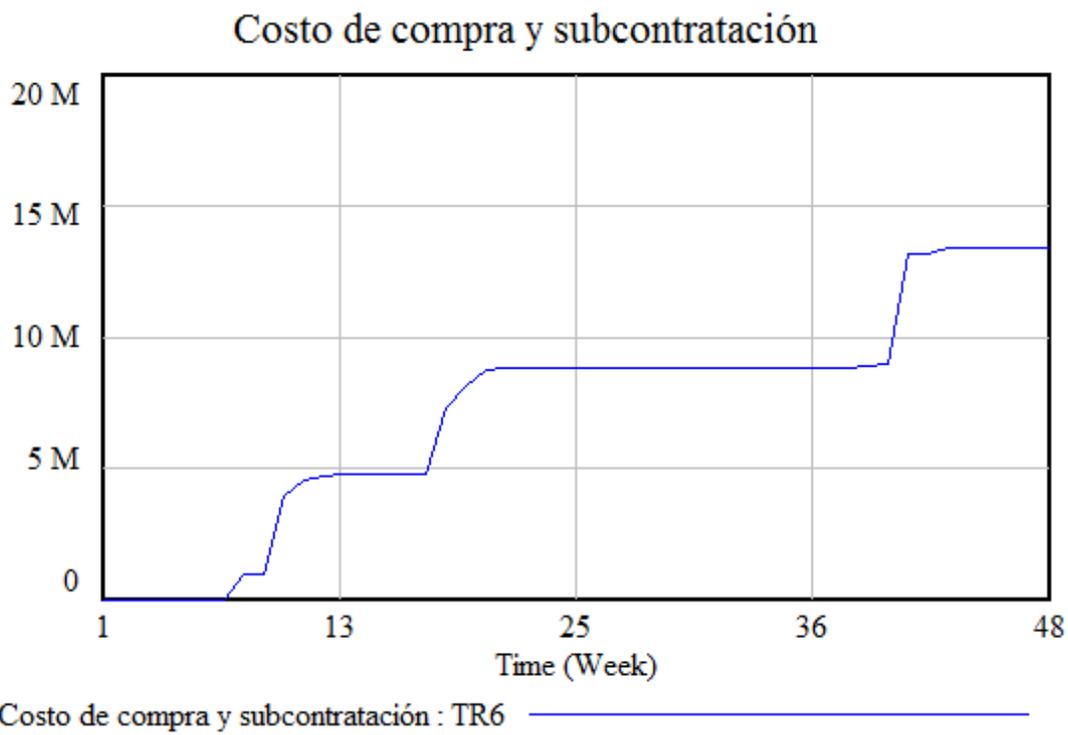


Elaboración propia.

Además de conocer las decisiones que se pueden tomar en los 48 períodos semanales en cuanto a cantidades, compra o subcontratación, se pueden realizar diferentes experimentos con los cambios de parámetros previamente establecidos.

Teniendo en cuenta que ambos modelos se plantean para el análisis del problema, pero que el objetivo principal es beneficiar a la empresa en cuanto a costos, se logra establecer sobre las decisiones de Vensim los costos de subcontratación y compra, esto con el fin de realizar una comparación con el modelo anterior, los siguientes, se encuentran en la gráfica a continuación:

Ilustración 38. Costo de compra y subcontratación



Elaboración propia.

Valor total en un año= 13'361.000

6. CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto como propuesta de mejora en la toma de decisiones de compra o subcontratación en una empresa de servicios de alquiler de artículos para el montaje de eventos sociales y corporativos, es una aplicación de herramientas tanto de pronósticos e inventarios como de modelamiento y simulación, la cual permite extrapolar el modelo planteado a un solo producto para todos los artículos manejados por la empresa en el catalogo ofrecido al publico, y que por efectos de delimitación no se lograron trabajar.

De acuerdo con los objetivos planteados inicialmente en el proyecto y la realización de los mismos, podemos concluir que:

- La prioridad de compra tiene un sobre costo significativo sobre un balance entre subcontratar y comprar.
- El patrón de demanda tiene un comportamiento estacional con una tendencia ascendente y picos principalmente causados son fechas especiales las que determinan la estacionalidad.
- La restricción crítica en la obtención de una solución factible es el cumplimiento del rango de la tasa rotación.
- El modelo de optimización tiene un alcance de implementación para cualquier artículo del inventario general de la empresa.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo con lo observado durante el desarrollo del proyecto, las recomendaciones para la empresa son:

- Una conveniente planeación de la operación de la empresa requiere una pronta implementación de un sistema de información.
- Se deben tomar decisiones inmediatas con ítems obsoletos que no rotan y aun consumen mantenimiento y espacio.
- Evaluar el impacto de la reducción del nivel de servicio.
- La planeación de los inventarios la empresa debe estar focalizada en los 10 artículos tipo A, respecto a los 114 referencias.

8. INVESTIGACIONES FUTURAS

De acuerdo con lo observado durante el desarrollo del proyecto, las investigaciones futuras para la empresa son:

- Desarrollar una simulación basada en optimización bajo reglas de decisión en el balance de compra y subcontratación.
- Estudiar la estructura financiera en la determinación de las tasas de rotación.
- Evaluar el riesgo financiero de una acumulación de inventario.

ANEXOS

Anexo 1. Demanda anual de los productos

	Artículos	Demanda Anual	PRECIO DE ALQUILER
SILLAS	Silla adulto sin brazo	91365	\$ 300,00
	Sillas Tiffany	3410	\$ 5.000,00
	Silla adulto con brazo	0	\$ 300,00
	Sillas niños	4313	\$ 250,00
MESAS	Mesas bar	123	\$ 2.500,00
	Mesas sencillas	7	\$ 3.000,00
	Mesas dobles ejecutivas	3417	\$ 3.000,00
	Mesas triples ejecutivas	1510	\$ 1.065,00
	Mesas tablón	2345	\$ 4.000,00
	Mesas redonda pequeña	314	\$ 3.000,00
	Mesas redonda Mediana	288	\$ 5.000,00
	Mesas redonda Grande	1372	\$ 5.000,00
	Mesas niños	554	\$ 2.000,00
	Mesa doble	93	\$ 5.000,00
	Mesa triple	423	\$ 5.000,00
	Mesas doble comedor	75	\$ 3.000,00
Mantelería	Manteles sencillos	0	\$ 3.000,00
	Manteles dobles	519	\$ 5.000,00
	Manteles triples	497	\$ 5.000,00
	Manteles tablonos	1329	\$ 4.000,00
	Mantel redondo pequeño	85	\$ 4.000,00
	Mantel redondo mediano	243	\$ 5.000,00
	Mantel redondo grande	1524	\$ 5.000,00
	Mantel faldón doble	397	\$ 5.000,00
	Mantel faldón triple	679	\$ 5.000,00
	Mantel faldón tablón	1734	\$ 4.500,00
	Forros para sillas	18467	\$ 1.000,00
	Chal para sillas	55	\$ 400,00
	Tira para moño	28250	\$ 200,00
	Tira de tooll	456	\$ 300,00
	Faldas	34	\$ 4.500,00
	Sobre mantel	4538	\$ 2.000,00
	Sobre mantel de lujo	409	\$ 8.000,00
	Bandejeros	106	\$ 1.000,00
	Servilletas	3342	\$ 500,00

Cristalería	Vasos coca coleros	15195	\$ 150,00
	Vasos para whisky	2440	\$ 150,00
	Copa champagne alta	7183	\$ 150,00
	Copa champagne baja	1628	\$ 150,00
	Copa para agua	6562	\$ 150,00
	Copa para vino	5283	\$ 150,00
	Copa para aguardiente	1614	\$ 150,00
	Copa para helado	275	\$ 150,00
	Copa para seviche	100	\$ 150,00
	Solitarios	96	\$ 150,00
	Ceniceros	32	\$ 150,00
	Jarra para aguardiente	334	\$ 1.000,00
	Jarra para agua	1186	\$ 1.000,00
	Jarra para sangría	18	\$ 1.000,00
	Maniseros	342	\$ 150,00
VAJILLA	Plato hondo	1500	\$ 150,00
	Plato grande	14964	\$ 150,00
	Plato mediano	2322	\$ 150,00
	Plato pequeño (tortero)	19638	\$ 150,00
	Platico café	1191	\$ 150,00
	Platico tinto	317	\$ 150,00
	Platico mantequilla	125	\$ 150,00
	Cafeteras de porcelana	10	\$ 2.500,00
	Pocillo tinto	126	\$ 150,00
	Pocillo café	1471	\$ 150,00
	Azucareras	13	\$ 1.500,00
	Bandeja paisa	175	\$ 500,00
	Cazuela	0	\$ 300,00
	Taza para consomé	1949	\$ 150,00
	CUBIERTOS	Cuchillo	18214
Tenedor grande		19502	\$ 150,00
Tenedor pequeño		8977	\$ 150,00
Cuchara		2669	\$ 150,00
Cucharita para torta		6210	\$ 150,00
Cucharita para tinto		596	\$ 150,00
Cuchillo mantequilla		411	\$ 150,00
Bandeja de meseros		415	\$ 1.000,00
Hielera sencilla		14	\$ 1.000,00
Pinzas sencillas		14	\$ 500,00

ACERO	Samovar grande ovalado	402	\$ 17.000,00
	Samovar mediano ovalado	203	\$ 14.000,00
	Samovar mediano redondo	29	\$ 14.000,00
	Samovar redondo pequeño	11	\$ 13.000,00
	Bandejas redondas	11	\$ 6.000,00
	Bandejas ovaladas	89	\$ 6.000,00
	Bandejas hondas	65	\$ 6.000,00
	Soperas	6	\$ 6.000,00
	Jarras	27	\$ 3.000,00
	Hieleras	329	\$ 3.500,00
	Pinzas	313	\$ 1.000,00
	Salsera sencilla	12	\$ 3.000,00
	Salsera triple	1	\$ 3.500,00
	Cubiertos buffet servir	90	\$ 1.500,00
	Cuchillo boda	52	\$ 1.500,00
	Espátula boda	35	\$ 1.500,00
CARPAS	Carpas 2X2	50	\$ 35.000,00
	Carpas 3X3	91	\$ 40.000,00
	Carpas 4X4	256	\$ 45.000,00
	Carpas 6X4	77	\$ 50.000,00
	Carpas 6X6	186	\$ 65.000,00
	Carpas 6X12	218	\$ 220.000,00
	Alerón gigante de 6X6	23	\$ 110.000,00
	Caminos	62	\$ 15.000,00
	Portones	66	\$ 50.000,00
	Vitrales	96	\$ 22.500,00
	Ventiladores	8	\$ 15.000,00
	Extractores	4	\$ 15.000,00
	Lámparas de lujo	87	\$ 50.000,00
	Alógenas (reflectores)	40	\$ 50.000,00
OTROS	Baúl	81	\$ 25.000,00
	Atril libro	1	\$ 5.000,00
	Centros de mesa	217	\$ 5.000,00
	Alfombras	93	\$ 4.500,00
	Antorchas	162	\$ 4.500,00
	Atril Expositor	1	\$ 40.000,00
	Espejo de pie	4	\$ 50.000,00
	Nevera portátil	10	\$ 10.000,00
	Enfriador botellero	2	\$ 10.000,00
	Paleógrafo	5	\$ 20.000,00

ANEXO 2. Clasificación ABC

Línea	Descripción	Valor Unitario	Unidades alquiladas/año	\$/año	%	% Acum.	TIPO
Carpas	Carpas 6X12	\$ 220.000	218	\$ 47.960.000	16,601015%	16,601015%	A
Sillas	Silla adulto sin brazo	\$ 300	91.365	\$ 27.409.500	9,487605%	26,088620%	A
Mantelería	Forros para sillas	\$ 1.000	18.467	\$ 18.467.000	6,392221%	32,480841%	A
Sillas	Sillas Tiffany	\$ 5.000	3.410	\$ 17.050.000	5,901737%	38,382578%	A
Carpas	Carpas 6X6	\$ 65.000	186	\$ 12.090.000	4,184868%	42,567446%	A
Carpas	Carpas 4X4	\$ 45.000	256	\$ 11.520.000	3,987567%	46,555012%	A
Mesas	Mesas dobles ejecutivas	\$ 3.000	3.417	\$ 10.251.000	3,548311%	50,103324%	A
Mesas	Mesas tablón	\$ 4.000	2.345	\$ 9.380.000	3,246821%	53,350144%	A
Mantelería	Sobre mantel	\$ 2.000	4.538	\$ 9.076.000	3,141593%	56,491738%	A
Mantelería	Mantel faldón tablón	\$ 4.500	1.734	\$ 7.803.000	2,700953%	59,192691%	A
Mantelería	Mantel redondo grande	\$ 5.000	1.524	\$ 7.620.000	2,637609%	61,830300%	B
Mesas	Mesas redonda Grande	\$ 5.000	1.372	\$ 6.860.000	2,374540%	64,204840%	B
Acero	Samovar grande ovalado	\$ 17.000	402	\$ 6.834.000	2,365541%	66,570381%	B
Mantelería	Tira para moño	\$ 200	28.250	\$ 5.650.000	1,955708%	68,526089%	B
Mantelería	Manteles tablonos	\$ 4.000	1.329	\$ 5.316.000	1,840096%	70,366185%	B
Carpas	Lámparas de lujo	\$ 50.000	87	\$ 4.350.000	1,505722%	71,871906%	B
Carpas	Carpas 6X4	\$ 50.000	77	\$ 3.850.000	1,332650%	73,204557%	B
Carpas	Carpas 3X3	\$ 40.000	91	\$ 3.640.000	1,259960%	74,464517%	B
Mantelería	Mantel faldón triple	\$ 5.000	679	\$ 3.395.000	1,175155%	75,639672%	B
Carpas	Portones	\$ 50.000	66	\$ 3.300.000	1,142272%	76,781944%	B
Mantelería	Sobre mantel de lujo en velos	\$ 8.000	409	\$ 3.272.000	1,132580%	77,914523%	B
Vajilla	Plato pequeño (tortero)	\$ 150	19.638	\$ 2.945.700	1,019633%	78,934157%	B
Cubiertos	Tenedor grande	\$ 150	19.502	\$ 2.925.300	1,012572%	79,946729%	B
Acero	Samovar mediano ovalado	\$ 14.000	203	\$ 2.842.000	0,983738%	80,930467%	B
Cubiertos	Cuchillo	\$ 150	18.214	\$ 2.732.100	0,945697%	81,876164%	B

Mantelería	Manteles dobles	\$ 5.000	519	\$ 2.595.000	0,898241%	82,774405%	B
Carpas	Alerón gigante de 6X6	\$ 110.000	23	\$ 2.530.000	0,875742%	83,650146%	B
Mantelería	Manteles triples	\$ 5.000	497	\$ 2.485.000	0,860165%	84,510312%	B
Cristalería	Vasos coca coleros	\$ 150	15.195	\$ 2.279.250	0,788946%	85,299258%	B
Vajilla	Plato grande	\$ 150	14.964	\$ 2.244.600	0,776952%	86,076210%	B
Carpas	Vitales	\$ 22.500	96	\$ 2.160.000	0,747669%	86,823879%	B
Mesas	Mesa triple	\$ 5.000	423	\$ 2.115.000	0,732092%	87,555971%	B
Decoración	Baúl	\$ 25.000	81	\$ 2.025.000	0,700939%	88,256911%	B
Carpas	Alógenas (reflectores)	\$ 50.000	40	\$ 2.000.000	0,692286%	88,949197%	B
Mantelería	Mantel faldón doble	\$ 5.000	397	\$ 1.985.000	0,687094%	89,636290%	B
Carpas	Carpas 2X2	\$ 35.000	50	\$ 1.750.000	0,605750%	90,242040%	C
Mantelería	Servilletas	\$ 500	3.342	\$ 1.671.000	0,578405%	90,820445%	C
Mesas	Mesas triples ejecutivas	\$ 1.065	1.510	\$ 1.608.150	0,556650%	91,377095%	C
Mesas	Mesas redonda Mediana	\$ 5.000	288	\$ 1.440.000	0,498446%	91,875541%	C
Cubiertos	Tenedor pequeño	\$ 150	8.977	\$ 1.346.550	0,466099%	92,341640%	C
Mantelería	Mantel redondo mediano	\$ 5.000	243	\$ 1.215.000	0,420564%	92,762203%	C
Cristalería	Jarra para agua	\$ 1.000	1.186	\$ 1.186.000	0,410526%	93,172729%	C
Acero	Hieleras	\$ 3.500	329	\$ 1.151.500	0,398584%	93,571312%	C
Mesas	Mesas niños	\$ 2.000	554	\$ 1.108.000	0,383526%	93,954839%	C
Decoración	Centros de mesa en hierro-Altos	\$ 5.000	217	\$ 1.085.000	0,375565%	94,330404%	C
Sillas	Sillas niños	\$ 250	4.313	\$ 1.078.250	0,373229%	94,703632%	C
Cristalería	Copa champagne alta	\$ 150	7.183	\$ 1.077.450	0,372952%	95,076584%	C
Cristalería	Copa para agua	\$ 150	6.562	\$ 984.300	0,340708%	95,417293%	C
Mesas	Mesas redonda pequeña	\$ 3.000	314	\$ 942.000	0,326067%	95,743359%	C
Cubiertos	Cucharita para torta	\$ 150	6.210	\$ 931.500	0,322432%	96,065791%	C
Carpas	Camino	\$ 15.000	62	\$ 930.000	0,321913%	96,387704%	C
Cristalería	Copa para vino (tinto y blanco)	\$ 150	5.283	\$ 792.450	0,274301%	96,662005%	C
Decoración	Antorchas	\$ 4.500	162	\$ 729.000	0,252338%	96,914343%	C
Acero	Bandejas ovaladas	\$ 6.000	89	\$ 534.000	0,184840%	97,099184%	C

Mesas	Mesa doble	\$ 5.000	93	\$ 465.000	0,160956%	97,260140%	C
Decoración	Alfombras	\$ 4.500	93	\$ 418.500	0,144861%	97,405001%	C
Cubiertos	Bandeja de meseros	\$ 1.000	415	\$ 415.000	0,143649%	97,548650%	C
Acero	Samovar mediano redondo	\$ 14.000	29	\$ 406.000	0,140534%	97,689184%	C
Cubiertos	Cuchara	\$ 150	2.669	\$ 400.350	0,138578%	97,827763%	C
Acero	Bandejas hondas	\$ 6.000	65	\$ 390.000	0,134996%	97,962758%	C
Cristalería	Vasos para whisky	\$ 150	2.440	\$ 366.000	0,126688%	98,089447%	C
Vajilla	Plato mediano	\$ 150	2.322	\$ 348.300	0,120562%	98,210008%	C
Mantelería	Mantel redondo pequeño	\$ 4.000	85	\$ 340.000	0,117689%	98,327697%	C
Cristalería	Jarra para aguardiente	\$ 1.000	334	\$ 334.000	0,115612%	98,443309%	C
Acero	Pinzas	\$ 1.000	313	\$ 313.000	0,108343%	98,551651%	C
Mesas	Mesas bar	\$ 2.500	123	\$ 307.500	0,106439%	98,658090%	C
Vajilla	Taza para consomé	\$ 150	1.949	\$ 292.350	0,101195%	98,759285%	C
Cristalería	Copa champagne baja	\$ 150	1.628	\$ 244.200	0,084528%	98,843813%	C
Cristalería	Copa para aguardiente	\$ 150	1.614	\$ 242.100	0,083801%	98,927615%	C
Mesas	Mesas doble comedor	\$ 3.000	75	\$ 225.000	0,077882%	99,005497%	C
Vajilla	Plato hondo	\$ 150	1.500	\$ 225.000	0,077882%	99,083379%	C
Vajilla	Pocillo café	\$ 150	1.471	\$ 220.650	0,076376%	99,159755%	C
Decoración	Espejo de pie	\$ 50.000	4	\$ 200.000	0,069229%	99,228984%	C
Vajilla	Platico café	\$ 150	1.191	\$ 178.650	0,061838%	99,290822%	C
Mantelería	Faldas	\$ 4.500	34	\$ 153.000	0,052960%	99,343782%	C
Acero	Samovar redondo pequeño	\$ 13.000	11	\$ 143.000	0,049498%	99,393281%	C
Mantelería	Tira de tool	\$ 300	456	\$ 136.800	0,047352%	99,440633%	C
Acero	Cubiertos buffet servir	\$ 1.500	90	\$ 135.000	0,046729%	99,487362%	C
Carpas	Ventiladores	\$ 15.000	8	\$ 120.000	0,041537%	99,528899%	C
Mantelería	Bandejeros	\$ 1.000	106	\$ 106.000	0,036691%	99,565591%	C
Decoración	Nevera portátil	\$ 10.000	10	\$ 100.000	0,034614%	99,600205%	C
Decoración	Paleógrafo	\$ 20.000	5	\$ 100.000	0,034614%	99,634819%	C

Cubiertos	Cucharita para tinto	\$ 150	596	\$ 89.400	0,030945%	99,665764%	C
Vajilla	Bandeja paisa	\$ 500	175	\$ 87.500	0,030288%	99,696052%	C
Acero	Jarras	\$ 3.000	27	\$ 81.000	0,028038%	99,724089%	C
Acero	Cuchillo boda	\$ 1.500	52	\$ 78.000	0,026999%	99,751089%	C
Acero	Bandejas redondas	\$ 6.000	11	\$ 66.000	0,022845%	99,773934%	C
Cubiertos	Cuchillo mantequilla	\$ 150	411	\$ 61.650	0,021340%	99,795274%	C
Carpas	Extractores	\$ 15.000	4	\$ 60.000	0,020769%	99,816042%	C
Acero	Espátula boda	\$ 1.500	35	\$ 52.500	0,018173%	99,834215%	C
Cristalería	Maniseros	\$ 150	342	\$ 51.300	0,017757%	99,851972%	C
Vajilla	Platico tinto	\$ 150	317	\$ 47.550	0,016459%	99,868431%	C
Cristalería	Copa para helado	\$ 150	275	\$ 41.250	0,014278%	99,882709%	C
Decoración	Atril Expositor	\$ 40.000	1	\$ 40.000	0,013846%	99,896555%	C
Acero	Soperas	\$ 6.000	6	\$ 36.000	0,012461%	99,909016%	C
Acero	Salsera sencilla	\$ 3.000	12	\$ 36.000	0,012461%	99,921477%	C
Vajilla	Cafeteras de porcelana	\$ 2.500	10	\$ 25.000	0,008654%	99,930131%	C
Mantelería	Chal para sillas	\$ 400	55	\$ 22.000	0,007615%	99,937746%	C
Mesas	Mesas sencillas	\$ 3.000	7	\$ 21.000	0,007269%	99,945015%	C
Decoración	Enfriador botellero	\$ 10.000	2	\$ 20.000	0,006923%	99,951938%	C
Vajilla	Azucareras	\$ 1.500	13	\$ 19.500	0,006750%	99,958688%	C
Vajilla	Pocillo tinto	\$ 150	126	\$ 18.900	0,006542%	99,965230%	C
Vajilla	Platico mantequilla	\$ 150	125	\$ 18.750	0,006490%	99,971720%	C
Cristalería	Jarra para sangría	\$ 1.000	18	\$ 18.000	0,006231%	99,977951%	C
Cristalería	Copa para seviche	\$ 150	100	\$ 15.000	0,005192%	99,983143%	C
Cristalería	Solitarios	\$ 150	96	\$ 14.400	0,004984%	99,988127%	C
Cubiertos	Hielera sencilla	\$ 1.000	14	\$ 14.000	0,004846%	99,992973%	C
Cubiertos	Pinzas sencillas	\$ 500	14	\$ 7.000	0,002423%	99,995396%	C
Decoración	Atril libro	\$ 5.000	1	\$ 5.000	0,001731%	99,997127%	C
Cristalería	Ceniceros	\$ 150	32	\$ 4.800	0,001661%	99,998788%	C
Acero	Salsera triple	\$ 3.500	1	\$ 3.500	0,001212%	100,000000%	C

Sillas	Silla adulto con brazo	\$ 300	0	\$ -	0,000000%	100,000000%	C
Mantelería	Manteles sencillos	\$ 3.000	0	\$ -	0,000000%	100,000000%	C
Vajilla	Cazuela	\$ 300	0	\$ -	0,000000%	100,000000%	C

ANEXO 3. Datos históricos de demanda

	MESES	Carpas 6X12	Silla adulto sin brazo	Forros para sillas	Sillas Tiffany	Carpas 6X6
2010	Enero	6	2622	671	66	1
	Febrero	1	4866	782	73	4
	Marzo	5	7059	844	66	7
	Abril	4	4104	794	28	15
	Mayo	15	10019	1015	92	11
	Junio	13	7110	1883	277	3
	Julio	12	5853	852	524	10
	Agosto	9	3802	889	259	5
	Septiembre	4	5018	1943	311	6
	Octubre	16	8672	916	86	14
	Noviembre	2	9280	754	92	1
	Diciembre	32	10098	1869	97	22
2011	Enero	9	3299	859	87	2
	Febrero	2	5035	973	101	6
	Marzo	7	8184	932	81	11
	Abril	6	5802	861	46	19
	Mayo	17	10037	1821	167	17
	Junio	16	7431	2167	368	5
	Julio	15	6310	915	670	15
	Agosto	11	4121	911	381	8
	Septiembre	7	5829	2031	462	9
	Octubre	19	9005	1034	102	22
	Noviembre	4	9280	875	113	0
	Diciembre	46	10347	2443	155	30
2012	Enero	15	3948	975	163	4
	Febrero	5	5481	1095	177	9
	Marzo	12	9017	1224	105	15
	Abril	8	6301	1285	60	24
	Mayo	28	10588	2143	225	26
	Junio	25	8075	2899	458	8
	Julio	18	6761	1155	772	23
	Agosto	16	4730	1010	460	11
	Septiembre	9	6176	2329	620	14
	Octubre	24	9457	1355	174	34
	Noviembre	6	9913	989	199	2
	Diciembre	52	10962	3011	210	42

	MESES	Carpas 4X4	Mesas dobles ejecutivas	Mesas tablón	Sobre mantel	Mantel faldón tablón
2010	Enero	5	12	130	130	70
	Febrero	5	90	195	180	82
	Marzo	12	330	120	150	121
	Abril	11	40	100	110	111
	Mayo	9	340	200	200	165
	Junio	8	290	180	180	140
	Julio	7	500	42	61	160
	Agosto	6	100	45	35	165
	Septiembre	7	73	222	221	145
	Octubre	16	360	75	74	50
	Noviembre	4	52	25	30	40
	Diciembre	17	332	620	620	150
2011	Enero	5	15	145	145	80
	Febrero	9	100	202	198	98
	Marzo	20	430	150	167	140
	Abril	19	68	120	115	125
	Mayo	17	441	212	220	179
	Junio	16	350	190	200	150
	Julio	14	550	45	65	185
	Agosto	8	120	50	40	190
	Septiembre	15	90	230	250	180
	Octubre	32	450	80	80	67
	Noviembre	6	72	36	36	56
	Diciembre	27	432	782	782	210
2012	Enero	8	18	151	151	99
	Febrero	12	153	210	210	101
	Marzo	28	425	180	180	144
	Abril	25	78	131	131	135
	Mayo	24	486	226	226	191
	Junio	19	374	207	207	164
	Julio	16	602	76	76	196
	Agosto	13	180	60	60	200
	Septiembre	17	103	266	266	194
	Octubre	45	492	100	100	80
	Noviembre	7	84	46	47	70
	Diciembre	41	422	900	820	220

BIBLIOGRAFÍA

- Vidal Holguín, C. J. (2009). *Planeación, optimización y administración de cadenas de abastecimiento*. Santiago de Cali: Programa Editorial – Universidad del Valle .
- Arnoletto, E. J. (2007). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. Recuperado el 14 de agosto de 2012, de Enciclopedia Virtual : www.eumed.net/libros/2007b/299/
- Cancelado, H. (2009). *Diseño y Mejoramiento de Procesos*. Cali.
- Cardona, D., Vazques, L., & Olaya, N. (2011). *Plan de Marketing: Sectos Eventos en Cali*. Cali.
- Chapman, S. (2006). *Panificación y control de la producción*. Person.
- Domenech Roldán, J. M. (2011). *Diagrama de Pareto*.
- Dormido Canto, S., & Morilla Garcia, F. (2005). *Tutorial de Vensim*. Madrid.
- Eigler, & Langerard. (1989). *Servucción en las empresas de servicio*. Buenos Aires: Macchi.
- Esseiva, F. (2011). *Diagramas de influencia, una herramienta para comprender la incertidumbre y tomar decisiones*. Buenos Aires.
- García, J. M. (2011). *Teoria y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas*.
- JARAMILLO MARIN, S. (2011). *Manual de las normas ICONTEC en Word 2007, para la presentacion de tesis y trabajos de grado en la Universidad Icesi, en formato digital*. Santiago de Cali: Universidad Icesi.
- MOLINER RUIZ, M. (2007). *Diccionario del Uso del Español Maria Moliner*. Gredos.
- Real Academia Española*. (s.f.). Recuperado el 7 de Abril de 2012, de Real Academia Española: www.rae.es
- Sipper, D., & Bulfin Jr., R. (1998). *Planeación y Control de la Producción* . McGraw Hill.
- Stock, & Lambert. (2001). En Stock, & Lambert.

Velázquez Mastretta, G. (2008). *Administración de los Sistemas de Producción*. Mexico: Limusa (Noriega Editores).

Vidal Holguin, C. (2009). *Fundamentos de gestión de inventarios*. Cali.

Winston, W. (2005). *Investigación de operaciones y algoritmos*. Mexico: Thomson.

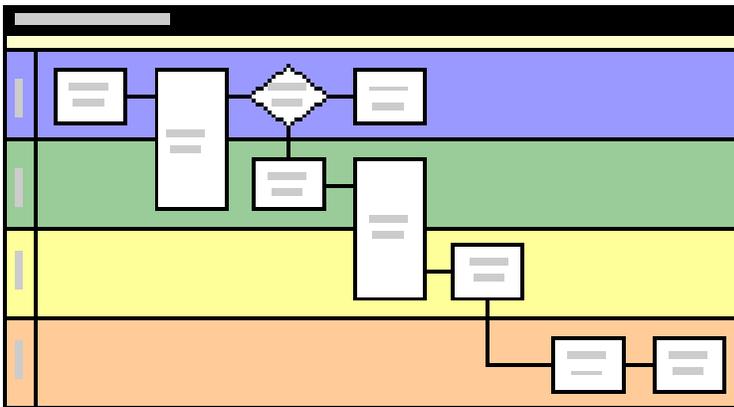
WordPress & Atahualpa. (2012 de septiembre de 2012). *OpenSolver for Excel* . Recuperado el 18 de octubre de 2012, de The Open Source Optimization Solver for Excel: www.opensolver.org

GLOSARIO

Diagrama de flujo

Es la herramienta que permite representar los procesos de la empresa por donde transita determinado producto, observando así la totalidad de las actividades del proceso desde la óptica del cliente, con independencia de los límites funcionales y organizativos de las unidades que intervienen en el mismo. Dentro de los beneficios que este diagrama presenta se encuentran que favorece la comprensión del proceso, permite ver todo el proceso o solo una parte de él, además de identificar los problemas y las oportunidades de mejora, y mostrar las interfaces entre el cliente y el proveedor de manera más clara.

Ilustración 39. Ejemplo de formato horizontal.



FUENTE: Diseño y mejoramiento de procesos, Helena Cancelado 2009.

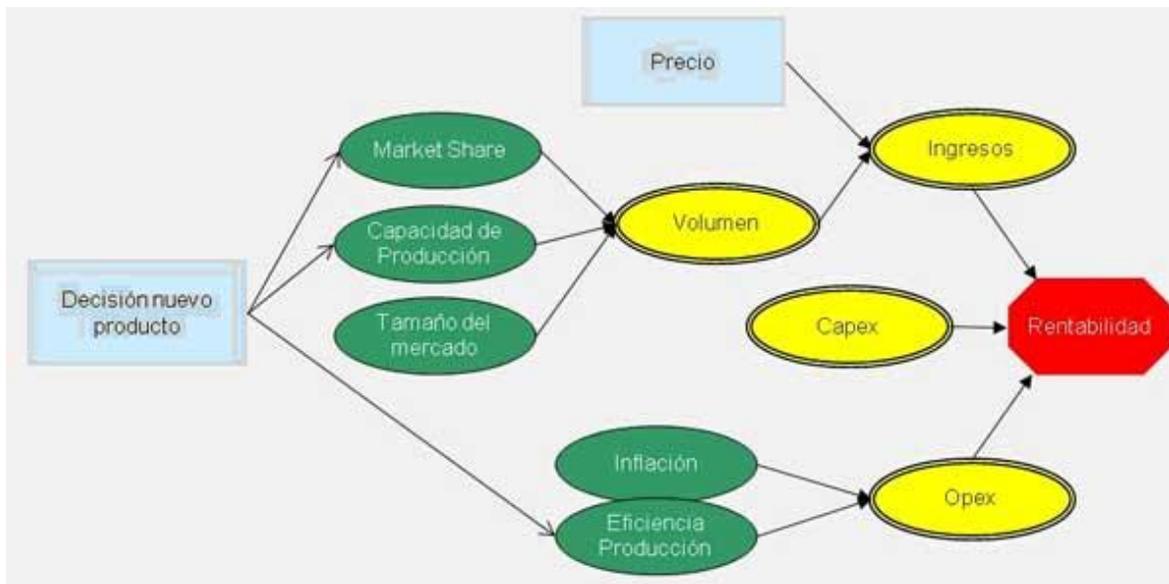
Diagrama de influencia

Las decisiones de negocios están sujetas a la incertidumbre. Diagramas de influencia, son una herramienta que permite obtener claridad en situaciones complejas y confusas, ya que ayuda comprender la incertidumbre y tomar decisiones por medio de la modelización de las decisiones a través de herramientas específicas, lo cual brinda mayor comprensión ya que permite visualizar gráficamente sus elementos clave.

Por medio de este diagrama se pueden identificar las variables "no controlables" que son eventos inciertos con distintos grados de probabilidad con sus interrelaciones. Y también permite considerar todas las variables clave antes de

tomar la decisión, entendiendo cómo se impactan tanto unas a otras como al resultado final esperado. Vale la pena aclarar que el diseño de un diagrama de influencia está sujeto a una serie de lineamientos como lo son los nodos y las flechas. En el siguiente gráfico, se muestra un ejemplo de diagrama de influencia para una decisión de desarrollo de nuevos productos.

Ilustración 40. Ejemplo de diagrama de influencia.



FUENTE: Diagramas de influencia, una herramienta para comprender la incertidumbre y tomar decisiones, Federico Esseiva 2011.

Diagrama de Forrester

También denominado Diagrama de Flujos, es característico de la Dinámica de Sistemas, el cual permite la escritura de las ecuaciones en el ordenador para así poder validar el modelo, observar la evolución temporal de las variables y hacer análisis de sensibilidad¹⁸.

Este diagrama está compuesto por: Niveles que son aquellos elementos que se muestran en cada instante la situación del modelo, presentan una acumulación y varían solo en función de otros elementos denominados flujos. Las nubes dentro del diagrama de flujos son niveles de contenido inagotable.

Los "Flujos" son elementos que pueden definirse como funciones temporales. Puede decirse que recogen las acciones resultantes de las decisiones tomadas en

¹⁸ (García, 2011)

el sistema, determinando las variaciones de los niveles. Las "Variables auxiliares" y las "Constantes", son parámetros que permiten una visualización mejor de los aspectos que condicionan el comportamiento de los flujos.

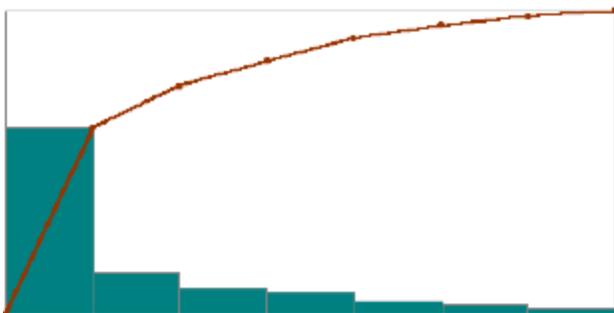
Las magnitudes físicas entre flujos y niveles se transmiten a través de los denominados "canales materiales". Por otra parte existen los llamados "canales de información", que transmiten, como su nombre indica, informaciones que por su naturaleza no se conservan.

Por último quedan por definir los "retardos", que simulan los retrasos de tiempo en la transmisión de los materiales o las informaciones. En los sistemas socioeconómicos es frecuente la existencia de retardos en la transmisión de la información y de los materiales y tienen gran importancia en el comportamiento del sistema.

Diagrama de Pareto

También se conoce como Diagrama ABC o Diagrama 20-80. Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar los aspectos prioritarios que hay que tratar. Su fundamento parte de considerar que un pequeño porcentaje de las causas, el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%. Se tratar entonces de identificar el pequeño porcentaje de causas "vitales" para actuar prioritariamente sobre él.

Ilustración 41. Ejemplo diagrama de Pareto.



FUENTE: Diagrama de Pareto, José Manuel Domenech Roldán 2011.