

**PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE UN MODELO
DE PROGRAMACIÓN LINEAL DE ACUERDO A LA PLANEACIÓN DE LA DEMANDA PARA LA
EMPRESA CS ELECTRONICS S.A.S**

JOSÉ RÓMULO RODRÍGUEZ LIZARAZO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ

2014

PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE INVENTARIOS MEDIANTE UN MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL DE ACUERDO A LA PLANEACIÓN DE LA DEMANDA PARA LA EMPRESA CS ELECTRONICS S.A.S

JOSÉ RÓMULO RODRÍGUEZ LIZARAZO

Trabajo de grado

Director

OSCAR JAVIER JAMOCÓ ÁNGEL

Ingeniero Industrial

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ

2014

Tabla de contenido

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 7 |
| 2. OBJETIVOS | 8 |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL | 8 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 8 |
| 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... | 8 |
| 3.1. PERSONAL Y ACADÉMICA | 8 |
| 3.2. SOCIAL..... | 8 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 9 |
| 4.1. PROGRAMACIÓN LINEAL | 9 |
| 4.2. DEFINICIÓN DE CONJUNTO CONVEXO | 11 |
| 4.3. PRONÓSTICOS Y PLANEACIÓN DE LA DEMANDA | 11 |
| 4.4. MÉTODOS DE PRONÓSTICOS..... | 11 |
| 4.5. “COSTOS INVOLUCRADOS EN UN MODELO DE INVENTARIO | 14 |
| 4.6. “CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS..... | 14 |
| 4.7. “COMPONENTES DE MODELOS DE INVENTARIO..... | 15 |
| 4.8. INDICADORES DE GESTIÓN | 15 |
| 4.9. TIPOS DE INDICADORES DE GESTIÓN | 16 |
| 4.10.MODELOS DE INVENTARIO | 16 |
| 5. ANTECEDENTES Y CONTEXTUALIZACIÓN..... | 21 |
| 5.1. RESEÑA HISTÓRICA | 21 |
| 5.2. ANTECEDENTES..... | 22 |
| 6. Diagnóstico de la situación actual del sistema de inventarios de la empresa CS ELECTRONICS SAS | |
| 26 | |
| 6.1. Identificación de la familia estrella de producto | 26 |
| 6.1.1. Diagrama de Pareto | 26 |
| 6.1.2. Pareto sobre Pareto..... | 31 |
| 6.1.3. Análisis del comportamiento de la demanda por medio de los pronósticos de cada producto de la familia estrella seleccionada | 35 |

| | |
|--|-----|
| 7. Modelo de programación lineal (PL) para la definición de políticas de inventario..... | 40 |
| 7.1. Características operativas actuales del inventario de la empresa. | 41 |
| 7.2. Capacidad instalada de la de empresa. | 41 |
| 7.3. Caracterización del modelo de inventarios y definición del modelo de programación lineal (PL) a utilizar..... | 41 |
| 7.3.1. Parámetros | 43 |
| 7.3.2. Variables de decisión del modelo..... | 52 |
| 7.3.3. Función objetivo y expresión matricial..... | 55 |
| 7.3.4. Expresión matricial | 55 |
| 7.4. Validación del modelo mediante la aplicación a un segmento de los datos..... | 57 |
| 8. Implementación del modelo de inventario | 78 |
| 8.1. Implementación de las políticas de inventario..... | 78 |
| 8.2. Análisis de las políticas de inventario. | 80 |
| 8.3. Situación actual vs situación propuesta. | 84 |
| 9. Evaluación financiera..... | 86 |
| 9.1. Análisis de los flujos de efectivo e indicadores financieros..... | 87 |
| 10.Conclusiones..... | 95 |
| 11.Recomendaciones..... | 96 |
| 12.BIBLIOGRAFÍA | 97 |
| 13.Anexos | 99 |
| 13.1.Anexo 1 | 99 |
| 13.2.Anexo 2 | 102 |
| 13.3.Anexo 3 | 103 |
| 13.4.Anexo 4 | 104 |
| 13.5.Anexo 5 | 104 |
| 13.6.Anexo 6 | 104 |

Tabla de Ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Métodos de pronósticos. Fuente: Ballou, Ronald. Logística, administración de la cadena de suministro. Pág. 292 | 12 |
| Ilustración 2. Métodos de pronósticos. Fuente: Ballou, Ronald. Logística, administración de la cadena de suministro. Pág. 292 | 13 |
| Ilustración 3. Punto de Reorden. Fuente: Ballou, Ronald. Logística, administración de la cadena de suministro. Pág. 347 | 18 |
| Ilustración 4. Inventario vs Ventas en unidades. Fuente: Autor | 23 |
| Ilustración 5. Inventario promedio vs Ventas en unidades. Fuente: Autor | 24 |
| Ilustración 6. Inventario vs ventas en dinero. Fuente: Autor | 25 |
| Ilustración 7. Diagrama de Pareto 1 Fuente: Autor | 30 |
| Ilustración 8. Diagrama de Pareto 2. Fuente: Autor | 32 |
| Ilustración 9. Diagrama de Pareto 3. Fuente: Autor | 33 |
| Ilustración 10. Diagrama de Pareto 4 Fuente: Autor | 34 |
| Ilustración 11. Diagrama de Pareto final Fuente: Autor | 35 |
| Ilustración 12. Código de programa de orden. Fuente: Autor | 44 |
| Ilustración 13. Porcentaje de ocupación de productos. Fuente: Autor | 48 |
| Ilustración 14. Porcentaje de productos. Fuente: Autor | 49 |
| Ilustración 15. Modelo de programación lineal. Fuente: Autor | 58 |
| Ilustración 16. Solución relajada. Fuente: Autor | 64 |
| Ilustración 17. Soluciones del modelo. Fuente: Autor | 65 |
| Ilustración 18. Nivel de inventario. Fuente: Autor | 66 |
| Ilustración 19. Gráfica del comportamiento del EOQ del modelo. Fuente: Autor | 72 |
| Ilustración 20. Captura de pantalla del programa de cantidad de pedido. Fuente: Autor | 79 |
| Ilustración 21. Captura de pantalla 2 del programa de cantidad de pedido. Fuente: Autor | 80 |
| Ilustración 22. Caso 1 del análisis de sensibilidad. Fuente: Autor | 81 |
| Ilustración 23. Caso 2 del análisis de sensibilidad. Fuente: Autor | 82 |
| Ilustración 24. Caso 3 del análisis de sensibilidad. Fuente: Autor | 82 |
| Ilustración 25. Caso 4 del análisis de sensibilidad. Fuente: Autor | 83 |
| Ilustración 26. Curva de ciclo de vida del producto. Fuente: Autor | 85 |
| Ilustración 27. Gráfico de resultados del modelo 2014 vs real año 2013. Fuente: Autor | 88 |
| Ilustración 28. Análisis financiero 1. Fuente: Autor | 89 |
| Ilustración 29. Gráfico de resultados de la implementación 2014 vs año 2013. Fuente: Autor | 90 |
| Ilustración 30. Análisis financiero 2. Fuente: Autor | 91 |
| Ilustración 31. Continuidad del modelo Fuente: el autor | 93 |

Tabla de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Diagrama de Pareto 1. Fuente: Autor | 29 |
| Tabla 2. Diagrama de Pareto 2 Fuente: Autor | 31 |
| Tabla 3. Diagrama de Pareto 3. Fuente: Autor | 32 |
| Tabla 4. Diagrama de Pareto 4. Fuente: Autor | 33 |
| Tabla 5. Diagrama de Pareto Final Fuente: Autor | 34 |
| Tabla 6. Matriz de priorización 1 Fuente: Autor | 36 |
| Tabla 7. Matriz de priorización 2. Fuente: Autor | 37 |
| Tabla 8. Matriz de priorización 3. Fuente: Autor | 37 |
| Tabla 9. Matriz de priorización 4. Fuente: Autor | 37 |
| Tabla 10. Matriz de pronósticos por producto. Fuente: Autor | 39 |
| Tabla 11. Matriz de orden fase 1. Fuente: Autor | 43 |
| Tabla 12. Matriz de orden fase 2. Fuente: Autor | 45 |
| Tabla 13. Matriz de orden fase 3. Fuente: Autor | 45 |
| Tabla 14. Tabla de cálculo de valor de local comercial. Fuente: Autor | 47 |
| Tabla 15. Tabla de cálculo del costo de mantener. Fuente: Autor | 49 |
| Tabla 16. Tabla de orden fase 3. Fuente: Autor | 50 |
| Tabla 17. Tabla de orden fase 4. Fuente: Autor | 50 |
| Tabla 18. Matriz de clasificación. Fuente: Autor | 59 |
| Tabla 19. Resultados de la variable Y del modelo. Fuente: Autor | 67 |
| Tabla 20. Resultados variable W del modelo. Fuente: Autor | 71 |
| Tabla 21. Resultados de la variable X del modelo. Fuente: Autor | 73 |
| Tabla 23. Resumen de los valores de la función objetivo. Fuente: Autor | 83 |
| Tabla 24. Cuadro resumen de los recursos empleados para el desarrollo del proyecto. Fuente: Autor ... | 86 |
| Tabla 25. Resumen de resultados trimestres 2014 y 2013. Fuente: Autor | 91 |

1. INTRODUCCIÓN

“En la gestión de producción y distribución moderna, la reducción de los costos de ordenar y el tiempo de entrega son claves para el éxito del negocio y han atraído la atención de una considerable cantidad de investigaciones.”¹

Las decisiones logísticas y de inventarios de cualquier miembro partícipe en la cadena de suministro tienen gran influencia sobre el rendimiento de la misma. Algunas decisiones como la reducción de costos y/o mejorar los niveles de servicio, implican involucrar variables como el comportamiento de la demanda, la capacidad instalada, tiempos y demás interacciones complejas entre proveedores y clientes para poder lograr el objetivo. En primera instancia las empresas se preocupaban por mejorar procesos internos para brindar un mejor servicio a sus clientes directos, esto creó una barrera en cada punto intermedio entre clientes y proveedores a lo largo de la cadena de suministros que poco a poco obstruía el flujo de productos. Una vez que el flujo de productos disminuye en la cadena, es donde se empezó a evaluar el rendimiento de toda la cadena mediante el enfoque a los efectos de las decisiones sobre los demás entes de la cadena.

“Los problemas de tamaño de pedido son los problemas de planificación de producción con el objetivo de determinar los periodos en los que la producción debe llevarse a cabo y las cantidades que se producen con el fin de satisfacer la demanda y reducir al mínimo los costos de producción y de inventario.”² Esta propuesta fue basada en un distribuidor por lo tanto esta premisa puede traducirse en que los problemas que involucran al tamaño de pedido son problemas de planificación de la demanda con el objetivo de determinar los periodos en cuales debemos solicitar producto a los proveedores con el fin de poder satisfacer las necesidades del consumidor final y reducir los costos de inventario.

Este distribuidor que se ha visto afectado al no tener una metodología definida de cómo comprar y que se ha dejado influenciar por las políticas de rotación de inventario manejadas por sus proveedores quienes no han derribado la barrera en la cadena de suministro. El gerente ha observado como su inventario crece en gran proporción mientras que sus ventas siguen iguales y en ocasiones disminuyen. Esta situación cuestiona la metodología que se venía utilizando a la hora de hacer pedidos.

¹ (Chang, Ouyang, Wu, & Ho, 2006).

² (G.H. Goren, S. Tunali, and R. Jans, “A review of applications of genetic algorithms in lot sizing”, Journal of Intelligent Manufacturing. Springer Netherlands. 2008.).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Encontrar e implementar un modelo de inventarios más eficiente que el actual (para la familia estrella de producto), por medio de programación lineal y planeación de la demanda, que optimice el nivel de inventario, aumente la rotación de productos y aumente la liquidez de la empresa.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar cuál es la familia estrella de producto, entendiendo como familia estrella, el grupo de productos cuya participación en los costos de inventario sea mayor.
- Caracterizar y proponer un modelo de inventarios, definiendo los diferentes parámetros y variables que intervienen en el programa lineal.
- Implementar el modelo de inventarios propuesto comparando la variación de los indicadores del modelo actual vs los indicadores del modelo propuesto para la empresa **CS ELECTRONICS S.A.S.**
- Analizar el impacto financiero del modelo propuesto, por medio de indicadores financieros y los flujos de efectivo de la empresa **CS ELECTRONICS S.A.S.**

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1. PERSONAL Y ACADÉMICA

Como hijo del propietario y gerente de una microempresa del país y actualmente estudiando Ingeniería Industrial el autor se siente en la obligación de contribuir al beneficio de la empresa con los conocimientos adquiridos durante el paso por mi carrera profesional. El reto académico surge al poner en práctica estos conocimientos en el área de logística e integrando métodos cuantitativos para solucionar uno de los principales problemas de las empresas distribuidoras, el manejo de inventario.

3.2. SOCIAL

Cinco de los 7 empleados que actualmente laboran para **CS ELECTRONICS S.A.S** son madres cabeza de familia con mínimo un hijo, que ayudan a sus padres y familiares, además de un hogar

que mantener. Al solucionar el problema de inventario se estaría contribuyendo a que la empresa continúe en funcionamiento con mayor eficiencia de manera que en el largo plazo sus empleados mantengan su trabajo, ya que según una publicación hecha por la revista portafolio el 5 de diciembre de 2012, “En Colombia surgen nuevos puestos de trabajo, 9% del total de empleos, pero la proporción de los que se destruyen es casi igual (8,5%)”³.

Por otro lado, “en Colombia se estima que las microempresas generan el 18 por ciento del PIB, y más del 50 por ciento del empleo, lo que las convierte en la palanca económica por excelencia para llegar al sector más desprotegido”⁴ por esta razón, socialmente contribuiría al porcentaje de participación de las microempresas en el PIB del país.

La realización del trabajo influye de manera positiva al crecimiento de una microempresa y por ende al país. “En nuestro país el 90 por ciento de las empresas - casi medio millón- son microempresas. Apenas poco más del 1 por ciento de los negocios pueden ser considerados como grandes empresas.”⁵

4. MARCO TEÓRICO

El siguiente marco teórico abarca las temáticas de programación lineal, conjuntos convexos, pronósticos y planeación de la demanda, métodos de pronósticos, así como los modelos de inventarios, los costos asociados a un modelo de inventarios, la clasificación de inventarios, los componentes de un modelo de inventarios, indicadores de gestión y los tipos de indicadores de gestión. A continuación se explicaran los conceptos de cada uno:

4.1. PROGRAMACIÓN LINEAL

La investigación de operaciones nace a partir de la segunda guerra mundial en donde eran asignados recursos limitados para las operaciones de las milicias. En cuanto a su aplicabilidad en la industria, fueron desarrollados modelos similares pero en un contexto totalmente diferente al militar. En 1947 fue desarrollado el algoritmo Simplex por Dantzig que siguió con un crecimiento

³ Portafolio. Creación neta de empleo es muy baja en Colombia. [En línea]. <http://www.portafolio.co/detalle_archivo/DR-73759> [Citado marzo de 2013].

⁴ Portafolio. Microempresas y microcrédito. [En línea].

<http://www.portafolio.co/detalle_archivo/MAM-1845241>[Citado marzo de 2013].

⁵ TLC. Desarrollo de microempresarios. [En línea].

<<http://www.tlc.gov.co/publicaciones.php?id=11329&dPrint=1>>[Citado marzo de 2013].

en la programación en computadoras. A partir del año de 1950 los modelos de programación lineal han venido siendo desarrollados hasta hoy en día con un amplio campo de aplicación.

En la programación lineal (PL) se consideran modelos donde la función objetivo como restricciones son funciones lineales en las variables de decisión. Los modelos de PL son utilizados para solucionar diferentes problemas en ingeniería y ciencias sociales, esto ha permitido a empresas gran variedad de beneficios.

Todo modelo de programación lineal sigue los siguientes lineamientos:

- **Función objetivo:** función a maximizar o minimizar.
- **Variables de decisión:** variables que están bajo nuestro control e influyen en el desempeño del sistema.
- **Restricciones:** valores que no pueden tomar las variables.
- **Región factible:** valores que cumplen con las restricciones.
- **Solución óptima:** punto de la región factible que optimiza la función objetivo.

El modelo estándar de programación lineal es presentado a continuación:

- **Función objetivo**

$$f(X_1, X_2) = C_1X_1 + C_2X_2$$

- **Restricciones del problema**

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 \leq b_2$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 \leq b_3$$

- **Variables positivas**

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

- **El problema es expresado en forma de matriz**

$$\max\{c^T x \mid Ax \leq b \wedge x \geq 0\}$$

4.2. DEFINICIÓN DE CONJUNTO CONVEXO

Sea un conjunto S , si los puntos que pertenecen a la recta que une dos puntos cualquiera X y Y (que pertenecen a S) pertenecen también a S , entonces S es un conjunto convexo.

- Todo programa lineal factible es un conjunto convexo.
- Todo programa lineal con una solución óptima, a la vez tiene un punto extremo que es óptimo.

4.3. PRONÓSTICOS Y PLANEACIÓN DE LA DEMANDA

“El pronóstico de los niveles de cantidad demandada es vital para la empresa como un todo, ya que proporciona los datos de entrada para la planeación y control de todas las áreas funcionales, incluyendo logística, marketing, producción y finanzas. Los niveles de demanda y su programación afectan en gran medida los niveles de capacidad, las necesidades financieras y la estructura general del negocio. Los pronósticos en logística se relacionan con la naturaleza espacial así como temporal de la demanda, el grado de variabilidad y su aleatoriedad.”⁶

Los pronósticos de demanda son actividades de apoyo para la toma de decisiones con respecto al inventario, a la programación de compras y suministros y también al almacenamiento en todos los eslabones de la cadena de abastecimiento. Todo esto gira en torno a poder suplir las necesidades de los clientes e incluso exceder las expectativas de los mismos y por supuesto generando utilidades para la organización.

4.4. MÉTODOS DE PRONÓSTICOS

Existen diversas técnicas y métodos de pronósticos, los métodos de pronóstico se dividen en tres grupos que a su vez difieren entre sí en términos de la precisión en el largo y corto plazo, en los métodos cuantitativos utilizados y en la base de información de la que fue derivado el pronóstico.

Un breve resumen de algunas de las técnicas más populares de pronóstico y su horizonte temporal son mostradas a continuación:

⁶Ballou, Ronald H. Logística, administración de la cadena de suministro. 5ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 287

| Método | Descripción | Horizonte de tiempo del pronóstico |
|------------------------------------|--|------------------------------------|
| Delphi | Un panel de expertos es interrogado mediante una secuencia de cuestionarios en los que las respuestas a un cuestionario se utilizan para producir el segundo cuestionario. De esta forma cualquier información disponible para unos expertos y no para otros, es transmitida a estos últimos, lo que permite que todos los expertos tengan acceso a toda la información para el pronóstico. Esta técnica elimina el efecto de tendencia moderna de la opinión mayoritaria. | Medio-Largo |
| Investigación de mercado | Procedimiento sistemático, formal y conciente de evolución y validación de hipótesis sobre mercados reales | Medio-Largo |
| Consenso de panel | Esta técnica se basa en la suposición de que muchos expertos pueden llegar a un mejor pronóstico que una sola persona. No existen secretos y se fomenta la comunicación. Los pronósticos en ocasiones son influidos por factores sociales y quizá no reflejen un verdadero consenso. Las solicitudes de opiniones ejecutivas caen en esta categoría. | Medio-Largo |
| Estimado de la fuerza de ventas | Pueden recabarse las opiniones de la fuerza de ventas, ya que los vendedores son los más cercanos a los clientes y se encuentran en buena posición para estimar sus necesidades. | Corto-Mediano |
| Pronóstico visionario | Profecía en que se utilizan perspectivas personales, juicios y, en la medida de lo posible, hechos acerca de distintos escenarios futuros. Se caracteriza por conjeturas subjetivas e imaginación, en general, los métodos utilizados no son científicos. | Medio-Largo |
| Analogía histórica | Este es un análisis comparativo de la introducción y crecimiento de nuevos productos similares que basan el pronóstico en patrones de similitud. | Medio-Largo |
| Promedios móviles | Cada punto de un promedio móvil de una serie de tiempo es el promedio aritmético o ponderado de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el número de puntos de información se selecciona de manera que los efectos de estacionalidad o irregularidad se eliminen. | Corto |
| Ajuste o suavización exponencial | Esta técnica es similar a los promedios móviles, excepto que los puntos que son más recientes reciben mayor ponderación. En forma descriptiva, el nuevo pronóstico será igual al anterior más cierta parte del error de pronóstico pasado. La nivelación exponencial doble o triple son versiones complejas del modelo básico que explican la variación de la tendencia y de estacionalidad en la serie de tiempo. | Corto |
| Box-Jenkins | Complejo procedimiento iterativo basado en computadora que produce un modelo de promedios móviles integrado y autoregresivo, que se ajusta para los factores de tendencia y estacionales, estima los parámetros apropiados de ponderación, valida el modelo y repite el ciclo según sea apropiado. | Corto-Mediano |
| Descomposición de series de tiempo | Método para descomponer una serie de tiempo en componentes estacionales, de tendencia y regularidad. Es bastante adecuado para identificar puntos críticos y es una excelente herramienta de pronóstico para el periodo de tiempo mediano-largo, es decir, de tres a 12 meses. | Corto-Mediano |

Ilustración 1. Métodos de pronósticos. Fuente: Ballou, Ronald. Logística, administración de la cadena de suministro. Pág. 292

| Método | Descripción | Horizonte de tiempo del pronóstico |
|---|--|------------------------------------|
| Proyecciones de tendencia | Esta técnica ajusta una línea de tendencia utilizando una ecuación matemática y luego proyectándola al futuro por medio de la ecuación. Existen muchas variaciones: método de pendiente característica, de polinomios, logarítmicas, etcétera. | Corto-Mediano |
| Pronóstico objetivo | Valida varias reglas simples de decisión para ver cuál es la más precisa sobre el periodo de los tres meses siguientes. Se utiliza simulación por computadora para validar las distintas estrategias sobre información pasada. | Medio |
| Análisis espectral | El método intenta descomponer una serie de tiempo en sus componentes fundamentales, denominados espectro. Estos componentes son representados mediante curvas geométricas seno-coseno. Al volver a reunir estos componentes se genera una expresión matemática que puede utilizarse para pronósticos. | Corto-Mediano |
| Modelo de regresión | Relaciona la demanda con otras variables que "causan" o explican su nivel. Las variables se seleccionan sobre la base de significancia estadística. La disponibilidad general de programas de regresión por computadora más poderosos hacen de ésta, una técnica popular. | Corto-Mediano |
| Modelo econométrico | Un modelo econométrico es un sistema de ecuaciones de regresión interdependientes que describe las ventas de cierto sector económico. Los parámetros de la ecuación de regresión por lo general se estiman en forma simultánea. Como regla, estos modelos son relativamente costosos de desarrollar, sin embargo, debido al sistema de ecuaciones inherente en tales modelos, éstos expresarán mejor las causalidades involucradas de una ecuación de regresión ordinaria, y por lo tanto predecirán en forma más precisa los puntos críticos. | Corto-Mediano |
| Encuestas de intención de compra y anticipación | Estas encuestas del público: a) determinan la intención de comprar ciertos artículos, o b) obtienen un índice que mide el sentimiento general sobre el presente y el futuro, y estiman en qué medida este sentimiento afectará los hábitos de compra. Estos métodos para pronosticar son más útiles para el seguimiento y advertencia que para el pronóstico. El problema básico al utilizarlos es que un punto crítico puede ser señalado en forma incorrecta. | Medio |
| Modelo de entrada-salida | Método de análisis que se refiere flujo de bienes o servicios interindustria o interdepartamental en la economía y sus mercados. Muestra los flujos de entrada que deben ocurrir para obtener ciertas salidas. Debe invertirse un esfuerzo considerable para utilizar estos métodos de manera adecuada, y debe obtenerse un detalle adicional, normalmente no disponible, si se desea aplicar a negocios específicos. | Medio |
| Modelo de entrada-salida económico | Los modelos econométricos y modelos de entrada-salida en ocasiones se combinan para el pronóstico. El modelo de entrada-salida se utiliza para proporcionar tendencias a largo plazo para el modelo econométrico. También estabiliza el modelo econométrico. | Medio |
| Indicadores líderes | Pronósticos generados a partir de una o más variables precedentes que sistemáticamente se encuentran relacionadas con la variable que se predecirá. | Corto-Mediano |
| Análisis del ciclo de vida | Es un análisis y pronóstico del crecimiento de un nuevo producto con base en las curvas S. Las fases de la aceptación de producto según distintos grupos como innovadores, adoptante temprano, mayoría temprana, mayoría tardía, y rezagados son centrales para el análisis. | Mediano-Largo |

Ilustración 2. Métodos de pronósticos. Fuente: Ballou, Ronald. Logística, administración de la cadena de suministro. Pág. 292

Por otra parte, dentro del desarrollo de un modelo de inventarios se deben tener en cuenta 3 aspectos: los costos involucrados en el modelo, la clasificación y los componentes del modelo. A continuación se presentan los tres aspectos a tener en cuenta en un modelo de inventarios:

4.5. "COSTOS INVOLUCRADOS EN UN MODELO DE INVENTARIO

- **Costo de mantenimiento:** En este costo se incurre al momento en que se almacena el producto, lucro cesante, servicios públicos, etc.
- **Costo de penalización:** Este costo se debe a la NO satisfacción de la demanda, involucra pérdidas de ventas potenciales, utilidades dejadas de percibir, etc.
- **Costo por ordenar o fijo:** Se incurre en este costo al emitir una orden de compra.
- **Costo variable:** Es lo que cobra el proveedor por cada unidad de producto entregada.”⁷

4.6. "CLASIFICACIÓN DE INVENTARIOS

La clasificación general de los modelos de inventario depende del tipo de demanda asociada al artículo. La demanda sólo puede ser de dos tipos; determinística o probabilística. Cuando se refiere a una demanda determinística es debido a que la demanda del producto en el futuro es conocida con exactitud y no da cabida al error (para tipos de demanda pull). Mientras por el otro lado, la demanda no es conocida con precisión por lo que se analizan los datos para establecer una distribución de probabilidad que se asemeje a su comportamiento. Todo producto sigue alguno de los dos tipos de demanda mencionados anteriormente, sin embargo, es posible clasificarlos en un modelo determinado de acuerdo a:

- **Tipo de producto:** tales como perecederos, sustitutos o duraderos en el tiempo.
- **Cantidad de producto:** Un solo producto o varios, multiproductos.
- Modelos que permiten **déficit** o no.
- **Los tiempos de entrega:** pueden ser igual al tipo de demanda.
- Modelos que involucran **costos fijos** o no.

⁷ GUERRERO SALAS, Humberto Inventarios manejo y control, Bogotá *Gerencia Estratégica*; Bogotá: Panamericana Editorial Ltda., 1998. Pág. 19

- **Tipo de revisión:** la revisión del producto es continua o periódica.
- **Tipo de reposición:** Puede ser instantánea para productos comprados o continúa para manufacturados.

Horizonte de planeación: incluye uno o más periodos.”⁸

4.7. “COMPONENTES DE MODELOS DE INVENTARIO

Hacen parte de un modelo de inventarios los siguientes componentes:

- **Costos:** Los costos asociados a un sistema de inventarios son de mantenimiento, de ordenamiento, de penalización y variables.
- **Demanda:** Entendida como la cantidad de unidades que se espera vender en un periodo de tiempo.
- **Tiempo de anticipación o lead time:** Tiempo que transcurre entre el momento que se coloca una orden de compra y el instante en que se recibe la compra.”⁹

4.8. INDICADORES DE GESTIÓN

Bajo la premisa de que no es posible gerenciar aquello que no se puede medir, parte la creación de indicadores de gestión como la forma de medir el desempeño organizacional en las 4 perspectivas principales de una empresa girando en torno a la misión y la visión de la misma.

Todo indicador de gestión debe contener los siguientes componentes:

1. **Código nemotécnico:** Que permita su fácil identificación.
2. **Nombre:** Qué permita la recordación del mismo.
3. **Objetivo:** Qué se busca con el cálculo de este indicador.

⁸ GUERRERO SALAS, Humberto Inventarios manejo y control, Bogotá *Gerencia Estratégica*; Bogotá: Panamericana Editorial Ltda., 1998. Pág. 18

⁹ GUERRERO SALAS, Humberto Inventarios manejo y control, Bogotá *Gerencia Estratégica*; Bogotá: Panamericana Editorial Ltda., 1998. Pág. 18 y 19

4. **Responsable:** Persona encargada de hallar el valor del indicador.
5. **Dueño:** A quien le compete el indicador para la interpretación del mismo y el apoyo a la toma de decisiones gerenciales.
6. **Fórmula:** Herramienta matemática que permite el cálculo del indicador.
7. **Método:** Es la fórmula expresada en palabras que permite la comprensión y establecer los pasos a seguir para calcular el indicador.
8. **Fuente:** De donde provienen los datos para el cálculo del indicador.
9. **Tipo:** Clasificación del indicador.
10. **Frecuencia:** Cada cuanto se va a calcular el indicador.
11. **Periodo base:** Periodo inicial donde se establecerá el valor actual, y los valores máximos y mínimos del indicador.
12. **Máximo:** Valor máximo permisible del indicador.
13. **Mínimo:** Valor mínimo permisible del indicador.

4.9. TIPOS DE INDICADORES DE GESTIÓN

“En una organización existen diversos tipos de indicadores: los hay puntuales, acumulados, de control, de alarma, de planeación, de eficacia, de eficiencia, temporales, permanentes, estratégicos, tácticos, operativos, etc.”¹⁰

4.10. MODELOS DE INVENTARIO

“EOQ

El modelo conocido como la cantidad económica de pedido (EOQ), y sirve como base para muchas de las políticas de inventario del método de demanda (pull) usadas actualmente.

“Cuando la demanda es continua y la tasa es esencialmente constante, el control de los niveles de inventario se realiza especificando: 1) la cantidad que se usará para reaprovisionar el inventario según una base periódica, y 2) la frecuencia de reaprovisionamiento del inventario”.

La fórmula básica del EOQ se desarrolla a partir de una ecuación de costo total que involucra el costo de adquisición y el costo de manejo de inventario. Se expresa como:

¹⁰BELTRÁN JARAMILLO, Jesús Mauricio. Indicadores de gestión herramientas para lograr la competitividad. Bogotá; 3R Editores. 2ªedición.

Costo total = costo de adquisición + costo de manejo

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{ICQ}{2}$$

Donde

TC = costo pertinente total y anual del inventario, en dólares

Q = tamaño del pedido para reaprovisionar el inventario, en unidades

D = demanda anual de artículos, que ocurre a una tasa cierta y constante en el tiempo, en unidades/año

S = costo de adquisición, en dólares/pedido

C = valor del artículo manejado en inventario, en dólares/unidad

I = costo de manejo como porcentaje del valor del artículo, porcentaje/año

El término D/Q representa el número de veces al año que se coloca un pedido de reaprovisionamiento en su fuente de suministro. El término Q/2 es la cantidad promedio del inventario disponible.

Como Q varía de tamaño, un costo sube cuando el otro baja. Puede mostrarse matemáticamente que existe una cantidad óptima de pedido (Q*) cuando los dos costos están en equilibrio y resulta el costo total mínimo. La fórmula para este EOQ es:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}}$$

El tiempo óptimo entre los pedidos es, por lo tanto,

$$T^* = \frac{Q^*}{D}$$

Y el número óptimo de veces por año para colocar un pedido es

$$N = \frac{D}{Q^*} \text{“}^{11}$$

¹¹ Ballou, Ronald H. Logística, administración de la cadena de suministro. 5ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 345

“ROP (Reorder Point)

El punto de re-orden, es la cantidad a la cual se permite dejar caer el inventario antes de colocar un pedido de reaprovisionamiento. Como en general hay un lapso entre el momento en el que se coloca el pedido y el momento en el que los artículos están disponibles en el inventario, la demanda que ocurre en este tiempo intermedio tiene que anticiparse. El punto de re-orden (ROP) es:

$$ROP = d \times TE$$

Donde

ROP = cantidad de punto de re-orden, en unidades

d = tasa de demanda, en unidades de tiempo

TE = tiempo de entrega promedio, en unidades de tiempo

La tasa de demanda (d) y el tiempo de entrega promedio (TE) deben expresarse en la misma dimensión de tiempo.”¹²

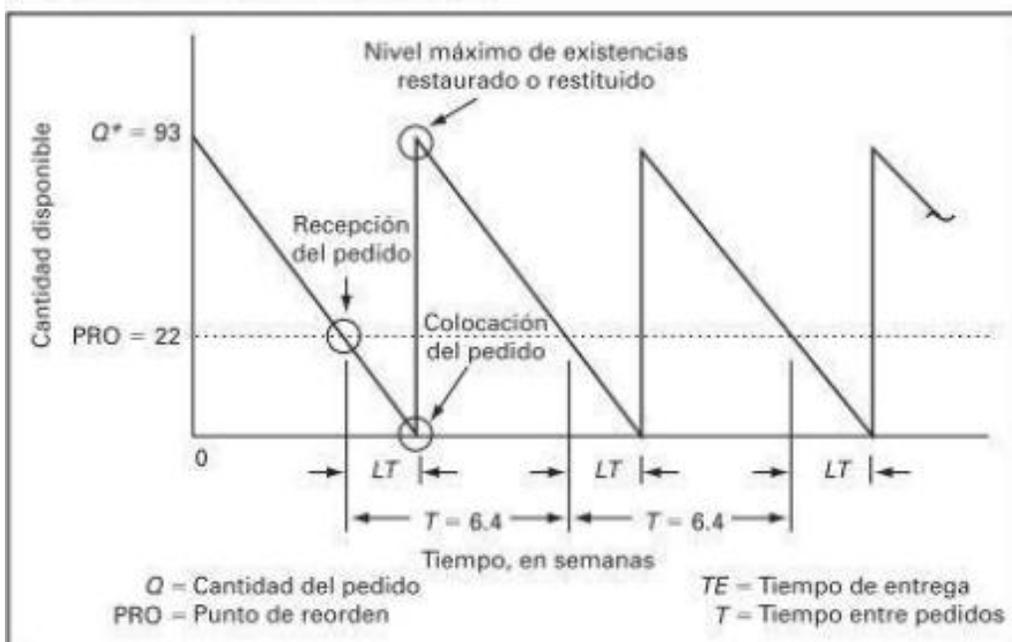


Ilustración 3. Punto de Reorden. Fuente: Ballou, Ronald. Logística, administración de la cadena de suministro. Pág. 347

¹² Ballou, Ronald H. Logística, administración de la cadena de suministro. 5ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 346-347

“Pedidos conjuntos

Tanto el modelo de ROP como el de revisión periódica han sido para artículos únicos. Esto supone que cada artículo en el inventario se controla independientemente de los otros. En muchos casos, ésta no es la mejor práctica dado que pueden comprarse múltiples artículos al mismo proveedor o pueden producirse al mismo tiempo y en la misma ubicación. Pedir múltiples artículos al mismo tiempo y en el mismo pedido puede dar como resultado ganancias económicas, como calificar para descuentos por precio y cantidad o satisfacer las cantidades mínimas del vendedor, de la compañía de transporte o producción, de manera que la política de inventario debería reflejar pedidos conjuntos. Una política de inventario de pedido conjunto implica determinar un tiempo de revisión del inventario común para todos los artículos pedidos conjuntamente, y luego hallar el nivel máximo de cada artículo (M^*) según se impone a partir de sus costos y de su nivel de servicio particulares.

El tiempo de revisión común para artículos pedidos conjuntamente es

$$T^* = \sqrt{\frac{2(O + \sum_i S_i)}{I \sum_i C_i D_i}}$$

Donde “ O ” es el costo común de procurar un pedido y el subíndice “ i ” se refiere a un artículo en particular. El nivel máximo para cada artículo es

$$M_i^* = d_i(T^* + TE) + z_i(s'_d)_i$$

El costo pertinente total es

Costo total = costo de pedido + costo de manejo de las existencias regulares + costo de manejo de las existencias de seguridad + stock de falta de existencias

$$TC = \frac{O + \sum_i S_i}{T} + \frac{TI \sum_i C_i D_i}{2} + I \sum_i C_i z_i (s'_d)_i + \frac{1}{T} \sum_i k_i (s'_d)_i (E_{(z)})_i \quad \text{“13}$$

“Límite de la inversión total

Los inventarios representan una inversión de capital sustancial para muchas empresas. Por ello, los gerentes a menudo pondrán un límite a la cantidad de inventario que se vaya a manejar. Entonces, si la inversión total de inventario promedio lo excede, la política de control de inventarios debe ajustarse para satisfacer este objetivo. Supongamos que el inventario se controla por una política de control de punto de re-orden, bajo condiciones de certidumbre de la demanda y del tiempo de entrega. Si se pone

¹³ Ballou, Ronald H. Logística, administración de la cadena de suministro. 5ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 361

un límite monetario en todos los artículos manejados en la ubicación de un inventario, podemos establecer que

$$\sum_i C_i \frac{Q_i}{2} \leq L$$

Donde

L = límite de inversión para artículos *i* del inventario, en dólares

C_i = valor de artículo *i* en inventario

Q_i = cantidad de pedido para el artículo *i* en el inventario

La cantidad de pedido se determina modificando la ecuación de EOQ. Cuando el valor promedio del inventario para todos los artículos exceda el límite de la inversión (L), las cantidades de pedido para los artículos tienen que reducirse, con el fin de bajar los niveles promedio de inventario de los artículos y cumplir el límite de inversión. Una manera razonable de hacerlo es inflar artificialmente el costo de manejo *I* para un valor $I + \alpha$; lo suficientemente grande como para reducir los niveles de existencias a una cantidad apropiada. La fórmula básica de cantidad económica de pedido se modifica para ser

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i S_i}{C_i(I + \alpha)}}$$

Donde α es una constante por determinar. De las dos ecuaciones anteriores se despeja para hallar α

$$\alpha = \left(\frac{\sum_i \sqrt{2D_i S_i C_i}}{2L} \right)^2 - I$$

Una vez que se halla α , se sustituye en la ecuación para hallar la Q_i revisada.”¹⁴

4.11 CONCEPTOS

Estandarizar

Según la real academia española estandarizar es ajustar algo a un tipo o norma.

¹⁴ Ballou, Ronald H. Logística, administración de la cadena de suministro. 5ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 383

5. ANTECEDENTES Y CONTEXTUALIZACIÓN

5.1. RESEÑA HISTÓRICA

CS ELECTRONICS S.A.S. o mejor conocida como *La casa del sonido*, nace del ingenio de José Rómulo Rodríguez López. En el año de 1973, Rómulo Rodríguez decide retirarse de la Armada Nacional, donde obtuvo diferentes menciones gracias a su disciplina y comportamiento académico como electrónico oficial del buque Gloria. En este mismo año, al salir de la Armada y al ver la necesidad de una actividad económica de sustento, estableció un taller ubicado en el parque *Fernández Madrid* en la ciudad de Cartagena, con un empleado donde se reparaban aparatos electrónicos y se vendían algunos repuestos electrónicos de acuerdo a la demanda de los clientes.

Aproximadamente seis años después, en 1978, en vista de la necesidad de ubicar el taller en un lugar donde hubiese mayor flujo de personas, se decide mudar el taller a la Avenida Venezuela, es aquí nace el nombre de ***La casa del sonido***. Una vez establecidos en una nueva sede, fue necesario contratar un nuevo empleado para satisfacer la creciente demanda y proveedores nacionales enviaban a sus vendedores a ofrecer nuevos productos al almacén. Gracias a su atención, conocimiento y portafolio de productos, ***La casa del sonido*** se posicionó como líder en el mercado local de productos electrónicos, esto permitió un reconocimiento nacional por parte de nuevos proveedores quienes importaban productos y los ofrecían a menor costo.

En el año de 1986 Rómulo Rodríguez ve la oportunidad de comprar una casa a una cuadra de donde se encontraba ubicado el almacén y decide mudarlo nuevamente. Dos años después Rómulo Rodríguez al ver la necesidad de mantener la empresa a la vanguardia de la tecnología, realiza un viaje a los Estados Unidos en busca de nuevos proveedores. Desde esta fecha se comenzó a importar productos pero debido a la apertura económica y la presencia de agencias importadoras en el mismo mercado se dejó de importar aproximadamente en el año de 2004.

En el año 2005 la Federación Nacional de Comerciantes (FENALCO), otorga el título de comerciante distinguido a Rómulo Rodríguez por su trayectoria a través de los años y gran éxito en la ciudad de Cartagena y el departamento de Bolívar. A finales del año 2011 ***La casa del sonido*** cambió de nombre y de razón social a ***CS ELECTRONICS S.A.S.*** la cual mantiene actualmente. Hoy en día ***CS ELECTRONICS S.A.S*** cuenta con 7 empleados, además de un contador y un asesor jurídico, un portafolio de productos que excede las 2000 referencias de productos, con proveedores nacionales y perspectivas nuevas de importación.

5.2. ANTECEDENTES

Durante el año 2011 y los años anteriores **CS ELECTRONICS S.A.S** no contaba con un sistema estructurado y eficiente para el manejo de inventario. Anteriormente el inventario se registraba en plantillas de *Microsoft Office Excel*[®], y todo el proceso era realizado de la siguiente manera:

Eran compradas hojas de papel con un formato estándar, estas hojas previamente enumeradas para que una vez realizada la venta esta se registrara en una de estas hojas y fuese depositada en una caja de madera para su posterior organización y revisión. Al final de cada turno laboral estos “tiquetes” eran recolectados por el gerente general, organizados numéricamente, grapados y almacenados. Cada cierto tiempo que el gerente observaba que había un poco de tiempo libre, se reunía con una de las 5 empleadas para actualizar manualmente el inventario del archivo de *Microsoft Office Excel*[®], la cantidad de cada producto vendido registrada en estos tiquetes.

A causa de esta metodología, el inventario en el archivo era diferente al real a esto sumado robos por parte de empleadas antiguas, se hizo necesaria la contabilización de los productos en bodega más seguido para lo cual las empleadas dejaban de realizar ventas para contabilizar y actualizar el inventario. Esto se veía reflejado en el empleo de horas hombre en otras actividades que no generaban valor para la empresa.

Desde el año 2012 **CS ELECTRONICS S.A.S** cuenta con un programa contable llamado SAC que permite al gerente general conocer el nivel de inventario y su valor real a diferencia del método anterior lo que permitió reducir la contabilización de inventario a una vez al año y no se requiere del tiempo del gerente y una de las empleadas para actualizarlo, ya que en el programa se registran las ventas.

Desde inicios de la empresa hasta hoy en día, el abastecimiento se ha realizado de manera empírica. Parfraseando con el gerente general, este comenta que en ocasiones se han hecho pedidos de abastecimiento para un periodo de 2 años o más y que hubo un inventario de 300 millones de pesos cuya rotación fue nula durante mucho tiempo.

La mala gestión de inventarios en una empresa detallista puede llevarla a la quiebra, gracias a la pericia del gerente general, **CS ELECTRONICS S.A.S** sigue siendo líder en el mercado, sin embargo la liquidez de la compañía ha disminuido ya que las existencias en stock son el 64,6% de los activos corrientes se sustenta con una prueba ácida de 0,99 y un aumento en el inventario de 22,18% equivalente a un aproximado de 31 millones de pesos en los últimos 6 meses del año anterior, sin un aumento significativo en las ventas que justifique esta inversión.

Por otro lado al analizar el gráfico de inventario vs la demanda de cada uno de los últimos seis meses del año 2012, se puede afirmar que las ventas no alcanzan un porcentaje superior al 12% sobre el inventario total. Por lo tanto de acuerdo a la metodología de abastecimiento se puede decir que existe un sobre-

stock. Habiendo ya resaltado el aumento en dinero del inventario y que gráficamente las ventas aumentaron en el mes de diciembre, el sobre-stock sigue siendo un problema latente. Es decir que hubo un aumento mínimo en las ventas a comparación del crecimiento de un aproximado de 31 millones de pesos en inventarios en estos meses.

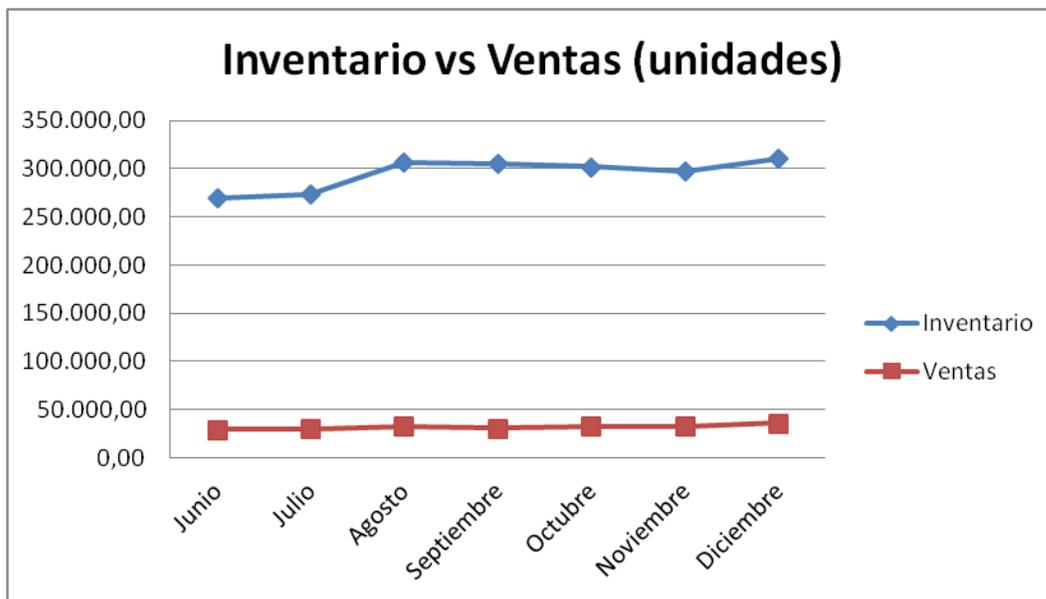


Ilustración 4. Inventario vs Ventas en unidades. Fuente: Autor

Para efectos de mayor profundidad, fue hallado el inventario promedio tomando como periodo inicial el mes de Junio y como final el mes de diciembre. Una vez realizados los cálculos se procede a graficar el nivel de inventario promedio vs las ventas (ilustración 5).

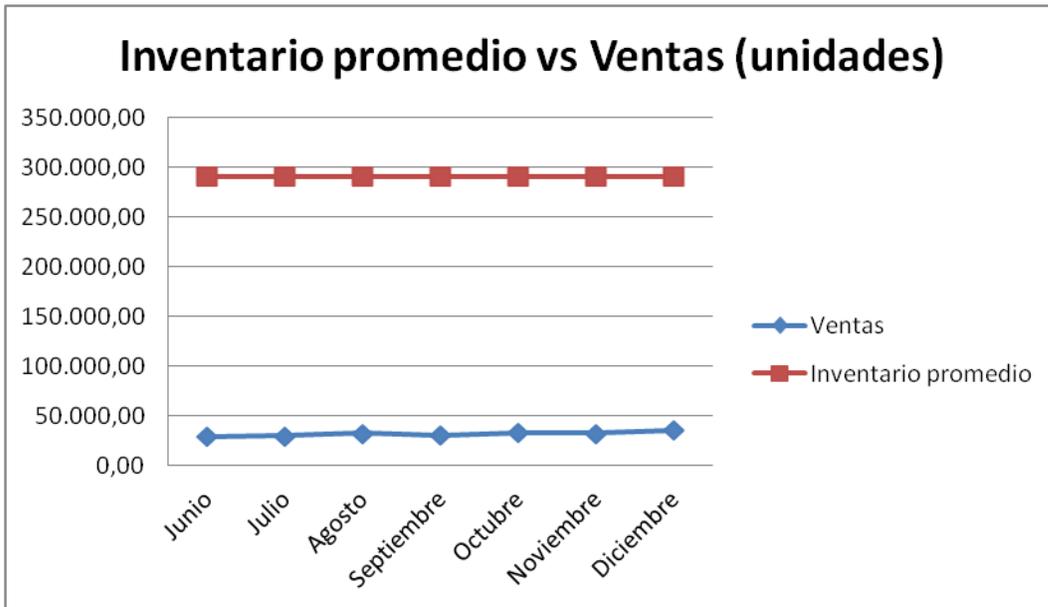


Ilustración 5. Inventario promedio vs Ventas en unidades. Fuente: Autor

Este gráfico provee al estudio de la situación actual del proyecto de la misma conclusión que el anterior, que existe un sobre-stock. Este problema se debe a que no existe una metodología que permita saber una cantidad óptima de pedido y cuando ordenar.

Una vez hallado la problemática del sobre-stock, es necesario comprender su impacto financiero sobre **CS ELECTRONICS SAS**. Es necesario graficar el dinero invertido en inventarios con respecto a la demanda de los periodos que están siendo analizados.

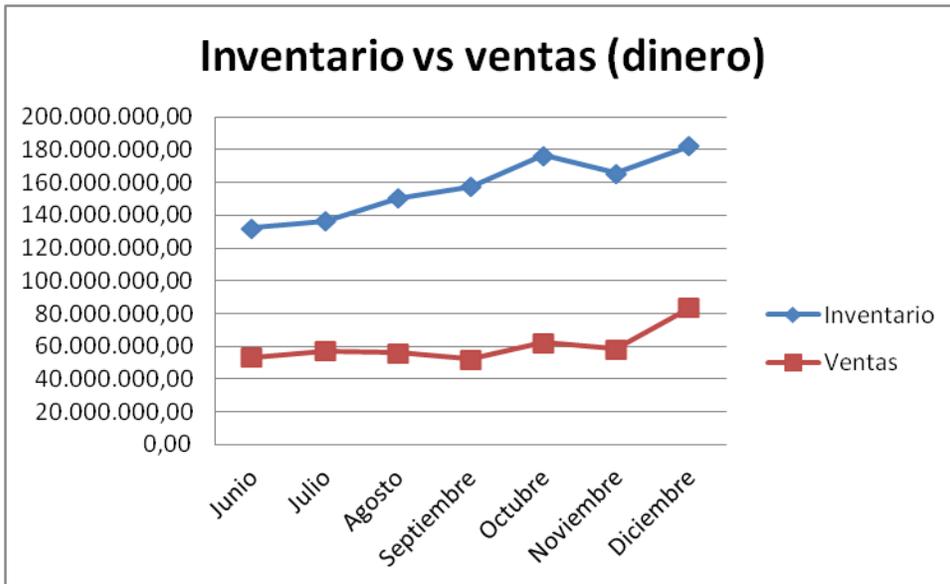


Ilustración 6. Inventario vs ventas en dinero. Fuente: Autor

De este gráfico se puede inferir que la relación del nivel de inventario con respecto a la demanda mensual es casi del doble. Además la tendencia de la demanda es creciente, pero de esta misma manera aumenta el nivel de inventario.

Por las razones presentadas previamente, es necesario intervenir en esta problemática, ya que debido a los gráficos y cifras, el dinero invertido en inventarios es aproximadamente el doble del que realmente se necesita para la sostenibilidad de la empresa. Por otra parte este dinero invertido en inventarios no genera ninguna rentabilidad para la empresa, por el contrario, ya que los productos ofrecidos por la empresa son productos tecnológicos cuya vida útil puede verse reducida con la innovación tecnológica global.

En primera instancia es necesario identificar los artículos que poseen una mayor participación en los costos de inventario, para intervenir en ellos y que los resultados sean definir y aplicar una metodología a estos productos, que permita una reducción significativa en la brecha entre el dinero invertido en inventarios y la demanda, además de la reducción de costos y un aumento en la liquidez de la empresa. Hasta aquí compete la realización de la propuesta del proyecto.

Pero una vez obtenidos los resultados satisfactorios de la implementación de esta metodología, la empresa, en pro del mejoramiento continuo, puede hacer uso de ella para aplicarla a las demás familias de producto y obtener los mismos resultados a corto, mediano y largo plazo.

6. Diagnóstico de la situación actual del sistema de inventarios de la empresa CS ELECTRONICS SAS

6.1. Identificación de la familia estrella de producto

La familia estrella de producto fue previamente definida como el grupo de productos cuya participación de los costos de existencias en stock fuera mayor. Por lo tanto se utilizó una herramienta de diagnóstico (diagrama de Pareto) para identificar dentro de las líneas de productos cuál departamento sería la familia estrella de producto.

6.1.1. Diagrama de Pareto

El primer paso fue extraer del sistema de información de la empresa los datos de las existencias actuales en stock en valores. Se procede a organizar las líneas de producto de mayor a menor, se determina el porcentaje que representa cada una de ellas en relación al valor de las existencias y sobre la cantidad de líneas de productos actualmente existentes en la empresa.

Se realizó un diagrama de Pareto sobre las 126 líneas de producto que se encuentran actualmente en la empresa. Como resultado este diagrama arrojó que sólo 27 líneas de productos que equivalen al 21% de todas las líneas y representan el 76% del valor de existencias en stock. Mientras que las 99 restantes (79%) sumaban el 24% del valor, por lo tanto estas no fueron tomadas en cuenta de acuerdo al criterio de estudio definido.

| ID | Clase | Sum of Valor total | F-Relativa | F-Acum | P acum | Facum+Pacum-100 |
|----|-----------------|--------------------|------------|--------|--------|-----------------|
| 1 | CABLES | \$ 315,757,671 | 16% | 16% | 1% | 0.83 |
| 2 | PARLANTES | \$ 99,380,455 | 5% | 21% | 2% | 0.78 |
| 3 | CONECTORES | \$ 98,512,691 | 5% | 26% | 2% | 0.72 |
| 4 | BAFLES | \$ 90,822,929 | 5% | 30% | 3% | 0.66 |
| 5 | BATERIAS | \$ 79,217,037 | 4% | 34% | 4% | 0.62 |
| 6 | MICROFONOS | \$ 71,380,795 | 4% | 38% | 5% | 0.57 |
| 7 | AMPLIFICADORES | \$ 62,935,823 | 3% | 41% | 6% | 0.53 |
| 8 | FILTROS | \$ 57,602,824 | 3% | 44% | 6% | 0.50 |
| 9 | VARIOS | \$ 51,558,184 | 3% | 47% | 7% | 0.46 |
| 10 | TRANSISTORES | \$ 49,964,009 | 3% | 49% | 8% | 0.43 |
| 11 | ADAPTADORES | \$ 44,293,618 | 2% | 51% | 9% | 0.40 |
| 12 | TWITTER | \$ 41,492,648 | 2% | 53% | 10% | 0.37 |
| 13 | BOBINAS | \$ 41,428,153 | 2% | 55% | 10% | 0.34 |
| 14 | MEZCLADORES | \$ 41,112,697 | 2% | 58% | 11% | 0.31 |
| 15 | INTEGRADOS | \$ 38,909,274 | 2% | 59% | 12% | 0.29 |
| 16 | EXTRACTORES | \$ 36,883,865 | 2% | 61% | 13% | 0.26 |
| 17 | TRANSFORMADORES | \$ 34,763,611 | 2% | 63% | 13% | 0.23 |
| 18 | CAUTINES | \$ 34,657,958 | 2% | 65% | 14% | 0.21 |
| 19 | SWITCHES | \$ 29,808,082 | 1% | 66% | 15% | 0.19 |
| 20 | DIODOS | \$ 29,564,056 | 1% | 68% | 16% | 0.16 |
| 21 | CONOS | \$ 29,512,321 | 1% | 69% | 17% | 0.14 |
| 22 | TOMAS | \$ 25,774,656 | 1% | 71% | 17% | 0.12 |
| 23 | SOLDADURAS | \$ 24,708,555 | 1% | 72% | 18% | 0.10 |
| 24 | MEGAFONOS | \$ 23,878,911 | 1% | 73% | 19% | 0.08 |
| 25 | CINTAS | \$ 22,534,960 | 1% | 74% | 20% | 0.06 |
| 26 | CONDENSADORES | \$ 21,987,051 | 1% | 75% | 21% | 0.04 |
| 27 | PARALES | \$ 21,139,455 | 1% | 76% | 21% | 0.02 |
| 28 | LUCES | \$ 20,006,649 | 1% | 77% | 22% | 0.00 |
| 29 | ESTABILIZADORES | \$ 19,670,814 | 1% | 78% | 23% | 0.01 |
| 30 | RESISTENCIAS | \$ 19,578,171 | 1% | 79% | 24% | 0.03 |
| 31 | SPLITERS | \$ 17,678,768 | 1% | 80% | 25% | 0.05 |
| 32 | CONTROLES | \$ 17,494,380 | 1% | 81% | 25% | 0.06 |
| 33 | FLYBACKS | \$ 16,253,298 | 1% | 82% | 26% | 0.08 |
| 34 | CAMARAS | \$ 15,423,069 | 1% | 83% | 27% | 0.10 |
| 35 | AUDIFONOS | \$ 15,334,282 | 1% | 83% | 28% | 0.11 |
| 36 | CHASIS | \$ 13,868,781 | 1% | 84% | 29% | 0.13 |
| 37 | PLACAS | \$ 13,695,348 | 1% | 85% | 29% | 0.14 |
| 38 | REJILLAS | \$ 13,655,847 | 1% | 85% | 30% | 0.16 |
| 39 | UNIDADES | \$ 13,179,043 | 1% | 86% | 31% | 0.17 |
| 40 | FUENTES | \$ 12,208,243 | 1% | 87% | 32% | 0.18 |
| 41 | BOMBILLOS | \$ 11,225,419 | 1% | 87% | 33% | 0.20 |
| 42 | EXTENSIONES | \$ 10,847,131 | 1% | 88% | 33% | 0.21 |
| 43 | CANALETAS | \$ 10,819,688 | 1% | 88% | 34% | 0.23 |
| 44 | MULTITOMAS | \$ 10,811,012 | 1% | 89% | 35% | 0.24 |
| 45 | ENCHUFES | \$ 10,405,341 | 1% | 89% | 36% | 0.25 |
| 46 | ELEVADORES | \$ 10,130,677 | 1% | 90% | 37% | 0.26 |
| 47 | PORTA- | \$ 9,465,449 | 0% | 90% | 37% | 0.28 |
| 48 | MULTIMETROS | \$ 9,086,419 | 0% | 91% | 38% | 0.29 |
| 49 | SOPORTE | \$ 8,916,491 | 0% | 91% | 39% | 0.30 |
| 50 | PINZAS | \$ 8,867,509 | 0% | 92% | 40% | 0.31 |

| | | | | | | | |
|-----|-----------------------|----|-----------|----|------|-----|------|
| 51 | SIRENAS | \$ | 8,797,233 | 0% | 92% | 40% | 0.33 |
| 52 | CARGADORES | \$ | 8,133,512 | 0% | 93% | 41% | 0.34 |
| 53 | BASES | \$ | 7,686,432 | 0% | 93% | 42% | 0.35 |
| 54 | FUSIBLES | \$ | 7,534,509 | 0% | 93% | 43% | 0.36 |
| 55 | ANTENAS | \$ | 7,285,843 | 0% | 94% | 44% | 0.37 |
| 56 | AGUJAS | \$ | 5,364,686 | 0% | 94% | 44% | 0.38 |
| 57 | LIMPIADORES | \$ | 5,257,364 | 0% | 94% | 45% | 0.40 |
| 58 | TUBOS | \$ | 5,186,139 | 0% | 95% | 46% | 0.41 |
| 59 | DISCIPADORES | \$ | 4,452,130 | 0% | 95% | 47% | 0.42 |
| 60 | TERMINALES | \$ | 4,363,435 | 0% | 95% | 48% | 0.43 |
| 61 | DESTORNILLADORES | \$ | 4,351,259 | 0% | 95% | 48% | 0.44 |
| 62 | BOCINAS | \$ | 4,304,025 | 0% | 95% | 49% | 0.45 |
| 63 | GUARDA POLVOS | \$ | 4,281,680 | 0% | 96% | 50% | 0.46 |
| 64 | CORNETAS | \$ | 4,151,521 | 0% | 96% | 51% | 0.47 |
| 65 | PROTORES | \$ | 4,039,700 | 0% | 96% | 52% | 0.48 |
| 66 | PUNTAS | \$ | 3,860,437 | 0% | 96% | 52% | 0.49 |
| 67 | ACCESORIOS LICUADORAS | \$ | 3,703,845 | 0% | 96% | 53% | 0.50 |
| 68 | ALAMBRES | \$ | 3,618,951 | 0% | 97% | 54% | 0.51 |
| 69 | CUÑAS | \$ | 3,256,440 | 0% | 97% | 55% | 0.52 |
| 70 | LAMINAS | \$ | 3,152,419 | 0% | 97% | 56% | 0.53 |
| 71 | TERMOENCOGIBLES | \$ | 3,027,776 | 0% | 97% | 56% | 0.53 |
| 72 | RELAYS | \$ | 2,886,337 | 0% | 97% | 57% | 0.54 |
| 73 | PERILLAS | \$ | 2,829,796 | 0% | 97% | 58% | 0.55 |
| 74 | AMARRES | \$ | 2,778,466 | 0% | 98% | 59% | 0.56 |
| 75 | ARAÑAS | \$ | 2,703,162 | 0% | 98% | 60% | 0.57 |
| 76 | LIQUIDOS | \$ | 2,505,880 | 0% | 98% | 60% | 0.58 |
| 77 | LENTESES | \$ | 2,389,630 | 0% | 98% | 61% | 0.59 |
| 78 | NOTAS | \$ | 2,332,484 | 0% | 98% | 62% | 0.60 |
| 79 | BANDEJAS | \$ | 2,294,467 | 0% | 98% | 63% | 0.61 |
| 80 | BANANAS | \$ | 2,232,947 | 0% | 98% | 63% | 0.62 |
| 81 | AGARRADERAS | \$ | 2,107,176 | 0% | 98% | 64% | 0.63 |
| 82 | TEMPORIZADORES | \$ | 2,022,902 | 0% | 98% | 65% | 0.64 |
| 83 | MOTORES | \$ | 2,014,198 | 0% | 99% | 66% | 0.64 |
| 84 | PASTAS | \$ | 1,978,107 | 0% | 99% | 67% | 0.65 |
| 85 | YUGOS | \$ | 1,953,600 | 0% | 99% | 67% | 0.66 |
| 86 | VOLTIMETROS | \$ | 1,949,820 | 0% | 99% | 68% | 0.67 |
| 87 | CRISTALES | \$ | 1,869,345 | 0% | 99% | 69% | 0.68 |
| 88 | TIMBRES | \$ | 1,708,837 | 0% | 99% | 70% | 0.69 |
| 89 | NUCLEOS | \$ | 1,464,513 | 0% | 99% | 71% | 0.70 |
| 90 | PROTOBOARD | \$ | 1,449,977 | 0% | 99% | 71% | 0.71 |
| 91 | AISLADORES | \$ | 1,279,936 | 0% | 99% | 72% | 0.71 |
| 92 | GRAPAS | \$ | 1,275,960 | 0% | 99% | 73% | 0.72 |
| 93 | CAIMANES | \$ | 1,106,417 | 0% | 99% | 74% | 0.73 |
| 94 | TAP | \$ | 1,049,425 | 0% | 99% | 75% | 0.74 |
| 95 | AMPERIMETROS | \$ | 1,017,600 | 0% | 99% | 75% | 0.75 |
| 96 | DESFOGUES | \$ | 938,780 | 0% | 100% | 76% | 0.76 |
| 97 | ESPUMAS | \$ | 761,145 | 0% | 100% | 77% | 0.77 |
| 98 | FOTOCELDAS | \$ | 698,973 | 0% | 100% | 78% | 0.77 |
| 99 | FUELLES | \$ | 667,240 | 0% | 100% | 79% | 0.78 |
| 100 | CAPSULAS | \$ | 652,278 | 0% | 100% | 79% | 0.79 |

Tabla 1. Diagrama de Pareto 1. Fuente: Autor

| | | | | | | |
|------------|--------------------|-------------------------|-------------|-------------|------|------|
| 101 | BROCAS | \$ 600,600 | 0% | 100% | 80% | 0.80 |
| 102 | PISTOLAS | \$ 561,083 | 0% | 100% | 81% | 0.81 |
| 103 | BANDAS | \$ 548,358 | 0% | 100% | 82% | 0.81 |
| 104 | PEGANTES | \$ 472,739 | 0% | 100% | 83% | 0.82 |
| 105 | DISPLAY | \$ 446,600 | 0% | 100% | 83% | 0.83 |
| 106 | LAMPARAS | \$ 442,100 | 0% | 100% | 84% | 0.84 |
| 107 | TALCOS | \$ 441,000 | 0% | 100% | 85% | 0.85 |
| 108 | CLOURUO FERRICO | \$ 422,034 | 0% | 100% | 86% | 0.86 |
| 109 | ESQUINEROS | \$ 413,025 | 0% | 100% | 87% | 0.86 |
| 110 | BALOOM | \$ 354,410 | 0% | 100% | 87% | 0.87 |
| 111 | PISA CONOS | \$ 306,941 | 0% | 100% | 88% | 0.88 |
| 112 | SELECTORES | \$ 297,069 | 0% | 100% | 89% | 0.89 |
| 113 | OJOS DE BUEY | \$ 296,486 | 0% | 100% | 90% | 0.90 |
| 114 | STARTERS | \$ 264,384 | 0% | 100% | 90% | 0.90 |
| 115 | TERMOSTATO | \$ 215,950 | 0% | 100% | 91% | 0.91 |
| 116 | DIMMER | \$ 188,000 | 0% | 100% | 92% | 0.92 |
| 117 | RACKS | \$ 144,000 | 0% | 100% | 93% | 0.93 |
| 118 | CHAZOS | \$ 130,427 | 0% | 100% | 94% | 0.94 |
| 119 | POSTES | \$ 110,926 | 0% | 100% | 94% | 0.94 |
| 120 | DETECTOR | \$ 86,400 | 0% | 100% | 95% | 0.95 |
| 121 | TUERCAS | \$ 81,600 | 0% | 100% | 96% | 0.96 |
| 122 | PITA | \$ 21,120 | 0% | 100% | 97% | 0.97 |
| 123 | BISAGRAS | \$ - | 0% | 100% | 98% | 0.98 |
| 124 | CACHAS | \$ - | 0% | 100% | 98% | 0.98 |
| 125 | PROBADORES | \$ - | 0% | 100% | 99% | 0.99 |
| 126 | SUPRESORES | \$ - | 0% | 100% | 100% | 1.00 |
| 127 | Grand Total | \$ 1,991,778,093 | 100% | 200% | | |

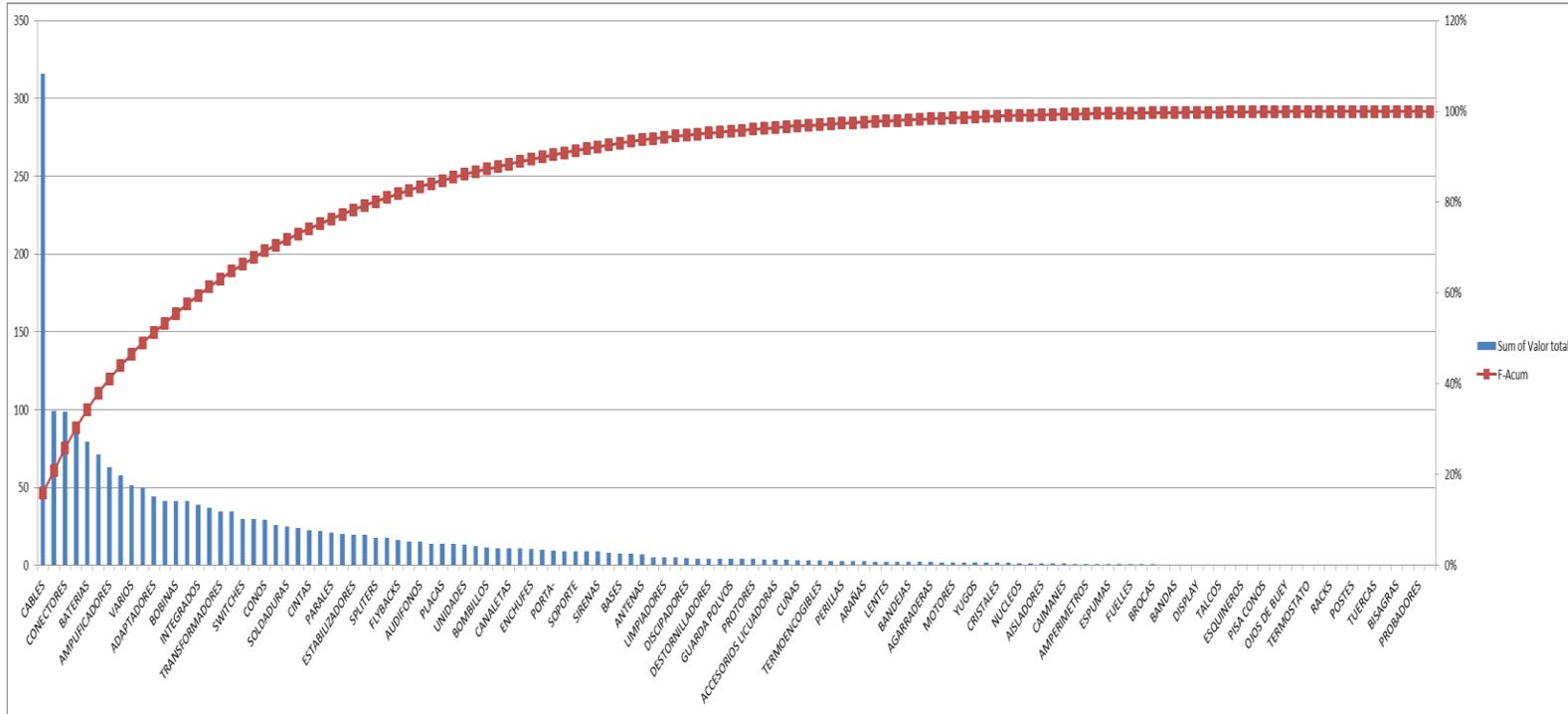


Ilustración 7. Diagrama de Pareto 1 Fuente: Autor

En este diagrama se puede contemplar el valor en millones de pesos de las existencias por líneas de producto y además la frecuencia acumulada de esas líneas sobre el total. Sólo 27 líneas de productos representan el 76% del valor total de las existencias en stock de toda la empresa, por lo tanto este será el foco del estudio.

6.1.2. Pareto sobre Pareto

Se realizó el diagrama de Pareto tantas veces como fue necesario hasta que la línea de productos con mayor valor en existencias fuera la más representativa para realizar el estudio.

1.

Tabla 2. Diagrama de Pareto 2 Fuente: Autor

| ID | Clase | Sum of Valor total | F-Relativa | F-Acum | P acum | Facum+Pacum-100 |
|--------------|-----------------|-------------------------|-------------|-------------|--------|-----------------|
| 1 | CABLES | \$ 315,757,671 | 21% | 21% | 4% | 0.76 |
| 2 | PARLANTES | \$ 99,380,455 | 7% | 27% | 7% | 0.65 |
| 3 | CONECTORES | \$ 98,512,691 | 6% | 34% | 11% | 0.55 |
| 4 | BAFLES | \$ 90,822,929 | 6% | 40% | 15% | 0.45 |
| 5 | BATERIAS | \$ 79,217,037 | 5% | 45% | 19% | 0.36 |
| 6 | MICROFONOS | \$ 71,380,795 | 5% | 50% | 22% | 0.28 |
| 7 | AMPLIFICADORES | \$ 62,935,823 | 4% | 54% | 26% | 0.20 |
| 8 | FILTROS | \$ 57,602,824 | 4% | 58% | 30% | 0.13 |
| 9 | VARIOS | \$ 51,558,184 | 3% | 61% | 33% | 0.06 |
| 10 | TRANSISTORES | \$ 49,964,009 | 3% | 64% | 37% | 0.01 |
| 11 | ADAPTADORES | \$ 44,293,618 | 3% | 67% | 41% | 0.08 |
| 12 | TWITTER | \$ 41,492,648 | 3% | 70% | 44% | 0.14 |
| 13 | BOBINAS | \$ 41,428,153 | 3% | 73% | 48% | 0.21 |
| 14 | MEZCLADORES | \$ 41,112,697 | 3% | 75% | 52% | 0.27 |
| 15 | INTEGRADOS | \$ 38,909,274 | 3% | 78% | 56% | 0.33 |
| 16 | EXTRACTORES | \$ 36,883,865 | 2% | 80% | 59% | 0.40 |
| 17 | TRANSFORMADORES | \$ 34,763,611 | 2% | 83% | 63% | 0.46 |
| 18 | CAUTINES | \$ 34,657,958 | 2% | 85% | 67% | 0.52 |
| 19 | SWITCHES | \$ 29,808,082 | 2% | 87% | 70% | 0.57 |
| 20 | DIODOS | \$ 29,564,056 | 2% | 89% | 74% | 0.63 |
| 21 | CONOS | \$ 29,512,321 | 2% | 91% | 78% | 0.69 |
| 22 | TOMAS | \$ 25,774,656 | 2% | 92% | 81% | 0.74 |
| 23 | SOLDADURAS | \$ 24,708,555 | 2% | 94% | 85% | 0.79 |
| 24 | MEGAFONOS | \$ 23,878,911 | 2% | 96% | 89% | 0.85 |
| 25 | CINTAS | \$ 22,534,960 | 1% | 97% | 93% | 0.90 |
| 26 | CONDENSADORES | \$ 21,987,051 | 1% | 99% | 96% | 0.95 |
| 27 | PARALES | \$ 21,139,455 | 1% | 100% | 100% | 1.00 |
| TOTAL | | \$ 1,519,582,289 | 100% | 200% | | |

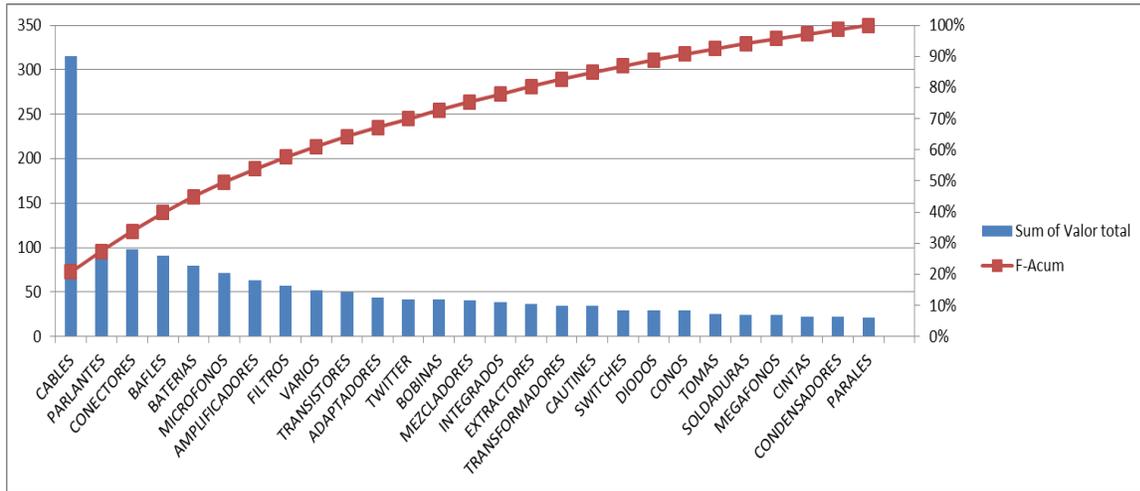


Ilustración 8. Diagrama de Pareto 2. Fuente: Autor

En este diagrama se reducen las líneas de producto a nueve, ya que estas son las más representativas de acuerdo al análisis numérico donde se debe realizar el punto de corte que es el más cercano a cero.

2.

Tabla 3. Diagrama de Pareto 3. Fuente: Autor

| ID | Clase | Sum of Valor to F-Relativa | F-Acum | P acum | Facum+Pacum-100 | |
|--------------|----------------|----------------------------|-------------|-------------|-----------------|------|
| 1 | CABLES | \$ 315,757,671 | 32% | 32% | 10% | 0.58 |
| 2 | PARLANTES | \$ 99,380,455 | 10% | 42% | 20% | 0.38 |
| 3 | CONECTORES | \$ 98,512,691 | 10% | 53% | 30% | 0.17 |
| 4 | BAFLES | \$ 90,822,929 | 9% | 62% | 40% | 0.02 |
| 5 | BATERIAS | \$ 79,217,037 | 8% | 70% | 50% | 0.20 |
| 6 | MICROFONOS | \$ 71,380,795 | 7% | 77% | 60% | 0.37 |
| 7 | AMPLIFICADORES | \$ 62,935,823 | 6% | 84% | 70% | 0.54 |
| 8 | FILTROS | \$ 57,602,824 | 6% | 90% | 80% | 0.70 |
| 9 | VARIOS | \$ 51,558,184 | 5% | 95% | 90% | 0.85 |
| 10 | TRANSISTORES | \$ 49,964,009 | 5% | 100% | 100% | 1.00 |
| TOTAL | | \$ 977,132,417 | 100% | 200% | | |

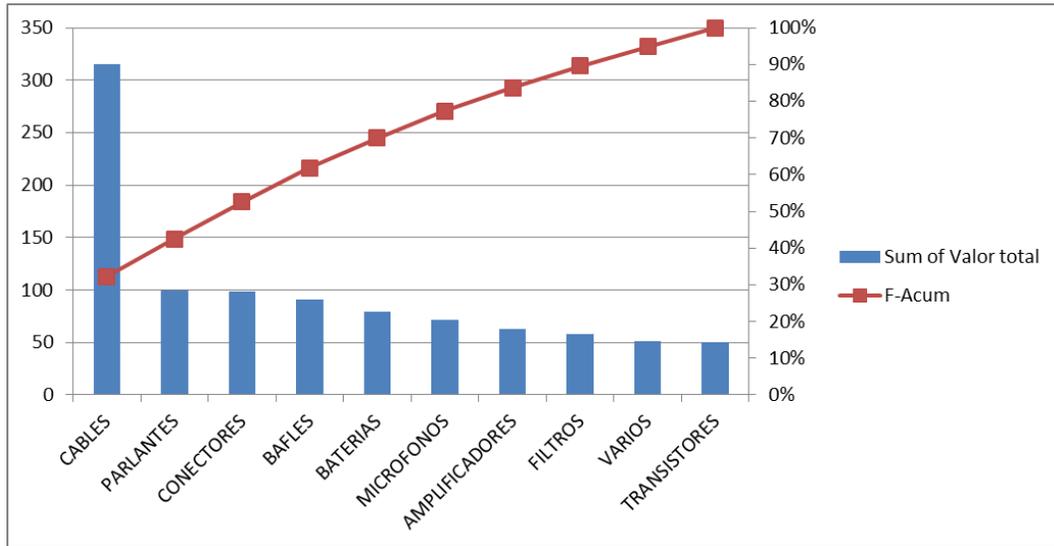


Ilustración 9. Diagrama de Pareto 3. Fuente: Autor

El conjunto del análisis numérico y el gráfico presenta las tres líneas que son el 40% de las líneas que quedan y que representan un 62% de la venta. Sobre estas líneas de producto se realizará un nuevo diagrama de Pareto que dejará para el estudio sólo una línea que será desglosada en las diferentes familias de producto que la componen y de esta manera poder escoger la familia de producto que será objeto de estudio.

3.

Tabla 4. Diagrama de Pareto 4. Fuente: Autor

| ID | Clase | Sum of Valor total | F-Relativa | F-Acum | P acum | Facum+Pacum-100 |
|--------------|------------|-----------------------|-------------|-------------|--------|-----------------|
| 1 | CABLES | \$ 315,757,671 | 61% | 61% | 33% | 0.05 |
| 2 | PARLANTES | \$ 99,380,455 | 19% | 81% | 67% | 0.47 |
| 3 | CONECTORES | \$ 98,512,691 | 19% | 100% | 100% | 1.00 |
| TOTAL | | \$ 513,650,817 | 100% | 200% | | |

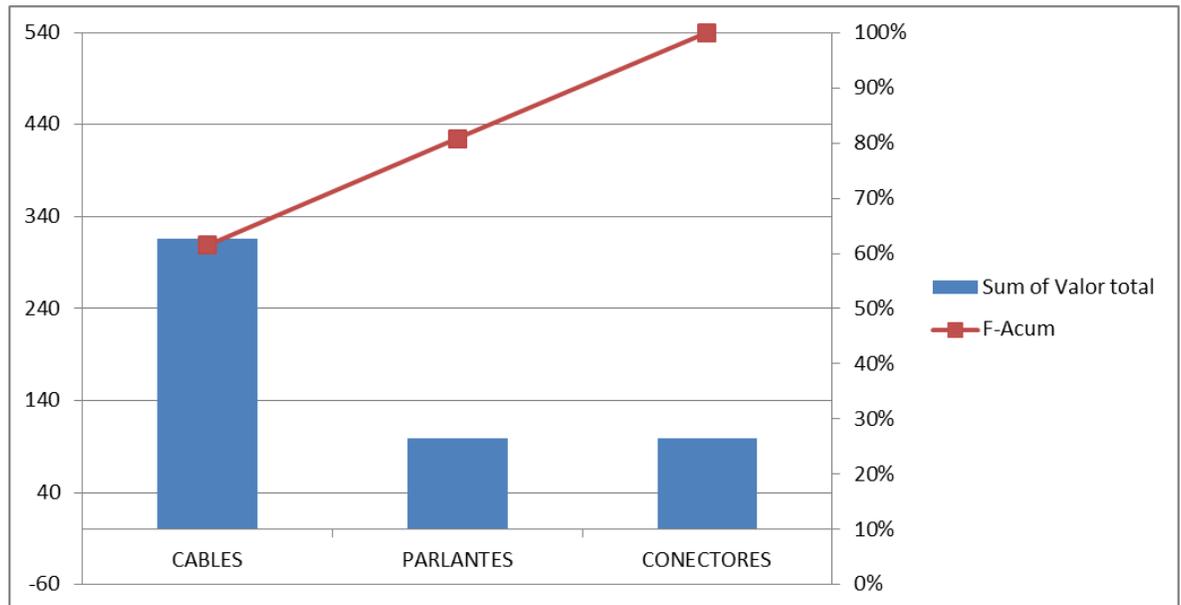


Ilustración 10. Diagrama de Pareto 4 Fuente: Autor

Después de realizar el último diagrama de Pareto para las líneas de producto, la línea de producto de cables representa un 61% de las existencias y pesa un 33% sobre las líneas de producto para las que se realizó este diagrama. Una vez hallada la línea de productos más representativa, ésta se desglosa en los diferentes departamentos que la componen que en total son 15 departamentos y nuevamente se realiza un diagrama de Pareto para identificar la familia estrella de producto.

Tabla 5. Diagrama de Pareto Final Fuente: Autor

| ID | Departamento | Sum of Valor total | F-Relativa | F-Acum | P acum | Facum+Pacum-100 |
|----|--|--------------------|------------|--------|--------|-----------------|
| 1 | Departamento: 045 CABLES PARA EQUIPOS | \$ 96,573,606 | 31% | 31% | 7% | 0.63 |
| 2 | Departamento: 043 CABLES PARA COMPUTADOR | \$ 57,440,864 | 18% | 49% | 13% | 0.38 |
| 3 | Departamento: 049 CABLES PARA RED | \$ 47,583,379 | 15% | 64% | 20% | 0.16 |
| 4 | Departamento: 041 CABLES DUPLEX | \$ 33,783,115 | 11% | 75% | 27% | 0.01 |
| 5 | Departamento: 040 CABLES COAXIALES | \$ 19,459,703 | 6% | 81% | 33% | 0.14 |
| 6 | Departamento: 039 CABLES BLINDADOS | \$ 15,424,709 | 5% | 86% | 40% | 0.26 |
| 7 | Departamento: 047 CABLES PARA MICROFONOS | \$ 9,741,350 | 3% | 89% | 47% | 0.35 |
| 8 | Departamento: 042 CABLES ENCAUCHETADOS | \$ 8,235,849 | 3% | 91% | 53% | 0.45 |
| 9 | Departamento: 050 CABLES PARA VEHICULOS | \$ 7,330,629 | 2% | 94% | 60% | 0.54 |
| 10 | Departamento: 046 CABLES PARA GRABADORA | \$ 7,283,947 | 2% | 96% | 67% | 0.63 |
| 11 | Departamento: 044 CABLES PARA CORRIENTE | \$ 5,241,073 | 2% | 98% | 73% | 0.71 |
| 12 | Departamento: 051 CABLES PLANOS | \$ 3,441,266 | 1% | 99% | 80% | 0.79 |
| 13 | Departamento: 038 CABLE PARA TELEFONOS | \$ 2,224,471 | 1% | 99% | 87% | 0.86 |
| 14 | Departamento: 037 CABLE PARA PLANCHA | \$ 1,551,810 | 0% | 100% | 93% | 0.93 |
| 15 | Departamento: 048 CABLES PARA PARLANTE | \$ 441,900 | 0% | 100% | 100% | 1.00 |
| 16 | Grand Total | \$ 315,757,671 | 100% | 200% | | |

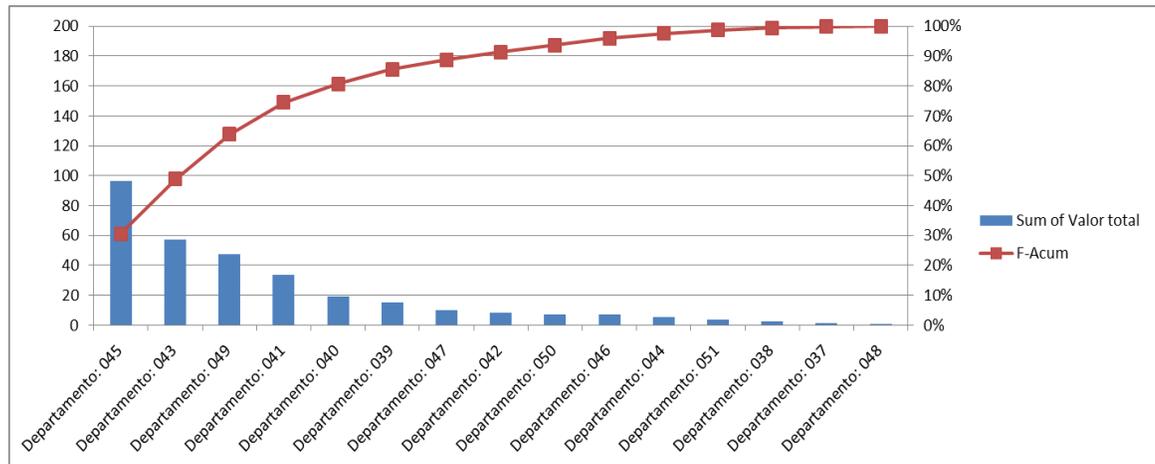


Ilustración 11. Diagrama de Pareto final Fuente: Autor

Una vez realizado el análisis del diagrama se puede apreciar que los tres primeros departamentos que pesan el 20% de los departamentos de la línea de cables, representan el 64% de las existencias en stock.

Estos tres departamentos están constituidos de la siguiente manera:

Departamento 045 Cables para equipos – 152 productos

Departamento 043 Cables para Computador – 158 productos

Departamento 049 Cables para Red – 18 productos

Para efectos de complejidad se ha decidido tomar los tres departamentos como objeto de estudio. Cabe resaltar que estos departamentos contienen productos de los cuales no hay existencias actuales en inventario ya que fueron descodificados por la empresa. En total los productos descodificados fueron 72 por lo tanto esto dejaría un total de 256 productos en los tres departamentos.

6.1.3. Análisis del comportamiento de la demanda por medio de los pronósticos de cada producto de la familia estrella seleccionada

De las diversas técnicas y métodos de pronósticos presentados en el marco teórico se escogieron las más apropiadas para la implementación del modelo. La metodología de selección fue una matriz de priorización. Para su elaboración, se llevó a cabo una lluvia

de ideas entre el autor y el gerente de la empresa ya que era necesario definir los factores y su porcentaje de importancia de acuerdo al criterio del gerente.

Para la matriz fueron definidos cuatro factores:

1. Horizonte de tiempo: El horizonte de tiempo para el cual el pronóstico es apropiado, es decir, si el pronóstico es apropiado para un periodo de tiempo largo, medio o corto.
2. Tiempo de implementación: Tiempo estimado para que el autor desarrolle el pronóstico de la familia estrella de producto.
3. Información requerida: Accesibilidad a la información y capacidad de respuesta ante los parámetros necesarios para el pronóstico.
4. Tipo de pronóstico y exactitud: Hace referencia a la clasificación entre cualitativo o cuantitativo y a su nivel de precisión.

Una vez fueron establecidos los factores se determinó la escala de importancia de acuerdo al criterio del gerente y a las recomendaciones del autor de lo que se consideraba más apropiado para el estudio y la propuesta de implementación. La escala de calificación fue de 1 a 5, donde 1 es menor grado de afinidad con el factor evaluado y 5 es el mayor grado. El límite de aceptación de la evaluación fue definido como 3.75 para que el método de pronóstico fuera utilizado en el estudio.

Como resultado, la matriz de priorización fue establecida de la siguiente manera evaluando así todos los métodos de pronósticos.

Tabla 6. Matriz de priorización 1 Fuente: Autor

| Factor | Escala | Delphi | Investigación de mercado | Consenso de panel | Estimado de la fuerza de ventas | Pronóstico visionario |
|---|---------------|---------------|---------------------------------|--------------------------|--|------------------------------|
| Horizonte de tiempo (Corto, mediano, largo) | 30% | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Tiempo de implementación (tiempo de duración) | 25% | 2 | 2 | 1 | 3 | 5 |
| Información requerida (parámetros requeridos) | 25% | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| Tipo de pronóstico y exactitud (Cualitativo o cuantitativo) | 20% | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Total | 100% | 1.8 | 2 | 1.75 | 2.8 | 2.55 |

Tabla 7. Matriz de priorización 2. Fuente: Autor

| Factor | Escala | Analogía Histórica | Promedios móviles | Suavización exponencial | Box-jenkins | Descomposición de series de tiempo |
|---|--------|--------------------|-------------------|-------------------------|-------------|------------------------------------|
| Horizonte de tiempo (Corto, mediano, largo) | 30% | 2 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| Tiempo de implementación (tiempo de duración) | 25% | 1 | 5 | 5 | 3 | 2 |
| Información requerida (parámetros requeridos) | 25% | 1 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| Tipo de pronóstico y exactitud (Cualitativo o cuantitativo) | 20% | 2 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| Total | 100% | 1.5 | 4.25 | 4 | 3.4 | 3.2 |

Tabla 8. Matriz de priorización 3. Fuente: Autor

| Factor | Escala | Proyecciones de tendencia | Pronóstico objetivo | Análisis espectral | Modelo de regresión | Modelo econométrico |
|---|--------|---------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Horizonte de tiempo (Corto, mediano, largo) | 30% | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Tiempo de implementación (tiempo de duración) | 25% | 4 | 3 | 2 | 5 | 2 |
| Información requerida (parámetros requeridos) | 25% | 3 | 2 | 1 | 4 | 2 |
| Tipo de pronóstico y exactitud (Cualitativo o cuantitativo) | 20% | 4 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| Total | 100% | 3.45 | 2.55 | 2.45 | 4.0 | 2.7 |

Tabla 9. Matriz de priorización 4. Fuente: Autor

| Factor | Escala | Encuestas de intención de compra y anticipación | Modelo de entrada-salida | Modelo de entrada-salida económico | Indicadores líderes | Análisis del ciclo de vida |
|---|--------|---|--------------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Horizonte de tiempo (Corto, mediano, largo) | 30% | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Tiempo de implementación (tiempo de duración) | 25% | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| Información requerida (parámetros requeridos) | 25% | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Tipo de pronóstico y exactitud (Cualitativo o cuantitativo) | 20% | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 |
| Total | 100% | 2 | 2.45 | 2.45 | 2.95 | 1.75 |

En cuanto a la evaluación de todos los pronósticos, sólo tres de estos tipos de pronósticos fueron los más calificados para ser utilizados en el estudio a realizar. Los tres tipos de pronósticos y sus calificaciones fueron:

- Promedios móviles - 4.25
- Suavización exponencial – 4
- Modelo de regresión – 4

De acuerdo a los tipos de pronósticos que fueron priorizados, al horizonte de tiempo, a la cantidad de datos históricos obtenidos, definió utilizar para cada uno de los 256 productos cuatro tipos de pronósticos:

1. Promedio móvil 2
2. Suavización exponencial doble
3. Suavización exponencial con tendencia
4. Regresión lineal

Una vez seleccionados los 4 pronósticos se realizó una matriz para cada producto donde se relacionaba el número de periodos y los cuatro tipos de pronósticos con sus diferentes parámetros y errores permitiendo así su respectivo análisis. Una de las matrices se relaciona a continuación (Ver Anexo 5).

Tabla 10. Matriz de pronósticos por producto. Fuente: Autor

| Referencia | 2X1-10M | | Beta | | Alpha | | Pendiente | | P-Corte | |
|------------|--------------------|------------------|-----------|---------------------------------|-----------|------------------|-----------|---------------------------------|---------|-----------|
| | | | 0.2 | | 0.8 | | 0.1259 | | 0.4 | |
| | | | | | | | 0.1818 | | 0.6 | |
| Producto | CABLE 2X1 DE 10MTS | Promedio móvil-2 | <-- Error | Suavización exponencial (Doble) | <-- Error | Regresión Lineal | <-- Error | Suavización exponencial (Trend) | TREND | <-- Error |
| Enero | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.31 | 0.31 | 0.31 | 0.1259 | 0 |
| Febrero | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.43 | 0.43 | 0.26 | 0.09 | 0 |
| Marzo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.56 | 0.56 | 0.21 | 0.06 | 0 |
| Abril | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.69 | 0.69 | 0.16 | 0.04 | 0 |
| Mayo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.81 | 0.81 | 0.12 | 0.02 | 0 |
| Junio | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.94 | 0.94 | 0.09 | 0.01 | 0 |
| Julio | 6 | 0 | 6 | 0 | 6.0 | 1.06 | 4.94 | 0.06 | 0.00 | 5.94 |
| Agosto | 1 | 3 | 2 | 2.4 | 1.4 | 1.19 | 0.19 | 2.44 | 0.48 | 1.44 |
| Septiembre | 4 | 3.5 | 0.5 | 1.8 | 2.2 | 1.31 | 2.69 | 2.15 | 0.33 | 1.85 |
| Octubre | 1 | 2.5 | 1.5 | 2.7 | 1.7 | 1.44 | 0.44 | 3.09 | 0.45 | 2.09 |
| Noviembre | 0 | 2.5 | 2.5 | 2.0 | 2.0 | 1.57 | 1.57 | 2.52 | 0.25 | 2.52 |
| Diciembre | 0 | 0.5 | 0.5 | 1.2 | 1.2 | 1.69 | 1.69 | 1.66 | 0.02 | 1.66 |
| Enero | | 0 | | 0.7 | | 1.82 | | 1.01 | | |

| | | | | | | | | |
|------------|------------------|--------|---------------------------------|--------|------------------|--------|---------------------------------|--------|
| MAD | Promedio móvil-2 | 1.0833 | Suavización exponencial (Doble) | 1.2083 | Regresión Lineal | 1.2704 | Suavización exponencial (Trend) | 1.3874 |
| MSE | Promedio móvil-2 | 4.0833 | Suavización exponencial (Doble) | 4.2576 | Regresión Lineal | 3.3112 | Suavización exponencial (Trend) | 4.5398 |

El método de selección del pronóstico más adecuado para cada producto fue de acuerdo a dos indicadores del error del pronóstico. Los indicadores utilizados fueron el error absoluto de la media (MAD) y el error cuadrático de la media (MSE). **Estos dos indicadores fueron hallados con los mismos datos que se alimentó el modelo ya que es una línea de tiempo y se deben tomar los mismos datos.** La metodología de selección es sencilla, por definición se escoge aquel pronóstico cuyo indicador de error sea menor que los demás, en caso de que los valores del indicador sean similares entre los pronósticos entonces se mide de acuerdo al otro indicador de error.

Luego de realizar la matriz para cada uno de los productos y evaluar el indicador con el menor valor en cada uno de los productos, se puede concluir lo siguiente:

De acuerdo al **MAD**, para 145 productos (56%) de los datos se sugiere utilizar la regresión lineal, para 69 productos (27%) de los datos se sugiere utilizar promedio móvil 2, para 40 productos (16%) de los datos

se sugiere utilizar suavización exponencial doble y por último para 2 productos (1%) de los datos se sugiere utilizar suavización exponencial con tendencia.

De acuerdo al **MSE**, para 253 productos (99%) de los datos se sugiere utilizar regresión lineal y para 3 productos (1%) de los datos se sugiere utilizar promedio móvil 2.

En términos de **MAD** existe una brecha de casi treinta puntos porcentuales entre la regresión lineal y el segundo con menor error (promedio móvil 2). Y en cuanto al **MSE** se puede observar que los resultados marcan una clara tendencia a que sólo se debería utilizar la regresión lineal.

Por lo tanto con respecto a la tendencia de la regresión lineal, se decidió utilizar este tipo de pronóstico para todos los productos como parámetro del modelo de programación lineal a utilizar ya que predomina frente a los otros en cuanto a los indicadores de error evaluados.

7. Modelo de programación lineal (PL) para la definición de políticas de inventario

“Las fases principales de la implementación de la investigación de operaciones en la práctica comprenden:

1. La definición del problema.
2. La construcción del modelo.
3. La solución del modelo.
4. La validación del modelo.
5. La implementación de la solución.”¹⁵

El resultado de la definición del problema es identificar los elementos principales del mismo, como lo son la descripción de las alternativas, el objeto de estudio y especificar las limitaciones o restricciones que posee el sistema que se va a modelar. Por lo tanto es preciso hablar sobre las características actuales de la empresa y sobre el ambiente en el cuál se desenvuelve el problema.

¹⁵ TAHA, HAMDY A. Investigación de operaciones. 7ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 8.

7.1. Características operativas actuales del inventario de la empresa.

Hoy en día el proceso de compras no tiene políticas relacionadas con el nivel de demanda histórica de los productos. En cierta manera se utiliza el método de estimado de la fuerza de ventas ya que el gerente de la empresa considera que los vendedores son quienes tienen contacto directo con los clientes y por lo tanto conocen sus necesidades. Este sistema o metodología es apropiado cuando el portafolio de productos no es muy amplio, pero en este caso no se está considerando la variable portafolio de productos ya que actualmente son 2225 referencias de producto y una fuerza de ventas no superior a cinco personas es imposible tener un estimado con un nivel alto de confiabilidad para abastecerse. Esto fue demostrado en el diagnóstico donde se observa un crecimiento sustancial en el nivel de inventario mientras que las ventas permanecen igual y en ocasiones disminuyen.

7.2. Capacidad instalada de la de empresa.

Actualmente la empresa cuenta con un área de aproximadamente trescientos metros cuadrados. El 50% del espacio está destinado para el almacenamiento de los productos, el 30% está destinado para el área comercial y el 20% restante está destinado al área administrativa.

Debido a que es una empresa de distribución, no posee maquinaria pesada o maquinaria para realizar fabricación alguna. La empresa posee cuatro computadores distribuidos de la siguiente manera: dos se encuentran en el área de ventas donde se registran las ventas que se realizan y los otros dos se encuentran en la oficina del gerente, uno para el uso del área contable y otro que utiliza el gerente.

7.3. Caracterización del modelo de inventarios y definición del modelo de programación lineal (PL) a utilizar

El impacto de la investigación de operaciones ha sido de suma importancia en diferentes campos de la industria. La investigación de operaciones ha permitido mejorar diferentes procesos en diferentes campos. A través de la historia la investigación de operaciones ha evolucionado constantemente desde la segunda guerra mundial donde se desarrolló un problema de asignación de recursos para las fuerzas militares, la aparición del algoritmo simplex y el crecimiento del poder de cómputo dio cabida a la programación lineal, programación dinámica y la teoría de inventarios.

“En British Airways la investigación de operaciones dio como resultado una mejoría en la programación de las salidas de los vuelos con un beneficio financiero de se mejoró la programación de £ 5 millones. Mientras que la Ford, pudo optimizar las pruebas de sus prototipos con una reducción de costos anuales

de US\$ 250 millones, en Samsung se redujo el ciclo de manufactura e inventario con un aumento de ventas de US\$ 1.1 billones. Por otra parte la UPS logró planificar distribuir de una manera más eficiente los productos con un ahorro de US\$ 87 millones.”¹⁶

La investigación de operaciones hace uso de diferentes herramientas como la programación lineal para la resolución de problemáticas o la consecución de logros a partir de oportunidades de mejora que hacen parte del día a día laboral en las empresas.

“La construcción de un modelo implica traducir la definición del problema a relaciones matemáticas. Si el modelo resultante se ajusta a uno de los modelos matemáticos normales, como puede ser la programación lineal, se puede llevar a una solución empleando los algoritmos disponibles. En forma alternativa, si las relaciones matemáticas son demasiado complejas como para permitir el cálculo de una solución analítica, puede ser que el equipo de investigación de operaciones opte por simplificar el modelo y usar un modelo heurístico, o que el equipo pueda recurrir al uso de una simulación, si es aproximada. En algunos casos se podrá necesitar una combinación de modelos matemáticos, de simulación y heurísticos para resolver el problema de decisiones”¹⁷

Para caracterizar el modelo de inventarios a utilizar será definido a partir de los resultados del modelo lineal implementado. Es necesario establecer claridad en cuanto a lo que se quiere lograr con el modelo, establecer los conjuntos, parámetros, variables y función objetivo de tal manera que la solución del modelo se acople a las necesidades de la empresa y que la solución del modelo se factible y a su vez óptima.

“Una solución del modelo es factible si satisface todas las restricciones. Es óptima si además de ser factible, produce el mejor valor (máximo o mínimo) de la función objetivo.”¹⁸

Con el modelo de programación lineal que se va a desarrollar se busca minimizar los costos de inventario, es decir, los costos de mantener, ordenar, el costo unitario de producto y además se contemplará un costo de oportunidad que es el costo de escasez. A continuación se explicaran las partes que componen el modelo.

Ya que desde un inicio el autor decidió implementar la propuesta para **CS ELECTRONICS S.A.S** por tratarse de una empresa familiar, de acuerdo a conversaciones entre el autor y el gerente de la empresa se le dará continuidad a lo largo del año aplicándose al segmento de datos seleccionados o bien sea ampliando el alcance y que se abarquen más familias de producto para de esta manera los resultados de la implementación sean aún mayores.

¹⁶ Science of better [En línea].

http://www.theorsociety.com/Science_of_Better/htdocs/prospect/index.asp [Citado enero de 2014]

¹⁷ TAHA, HAMDY A. Investigación de operaciones. 7ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 9

¹⁸ TAHA, HAMDY A. Investigación de operaciones. 7ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 3

7.3.1. Parámetros

Identificar los parámetros de un modelo de programación lineal es uno de los pasos más importante ya que permite conocer cuáles son los datos necesarios para poder ejecutar dicho modelo y poder incluirlos donde sea necesario, bien sea para hallar nuevos parámetros que sean de utilidad para el modelo, en las restricciones o en la función objetivo para lograr que la solución sea óptima.

Para este modelo en particular tenemos varios datos de entrada para cada producto como el histórico de ventas, los pronósticos, el costo unitario, el costo de mantener, el costo de ordenar, el costo de oportunidad o de escasez (hace referencia al costo en que se incurre al no tener producto cuando este es solicitado por parte del consumidor), el precio de venta y el inventario inicial.

- Pronósticos de demanda

Como se había explicado anteriormente, en cuanto a los pronósticos de demanda se utilizó el método de regresión lineal ya que era el más apropiado de acuerdo a los indicadores de porcentaje de error.

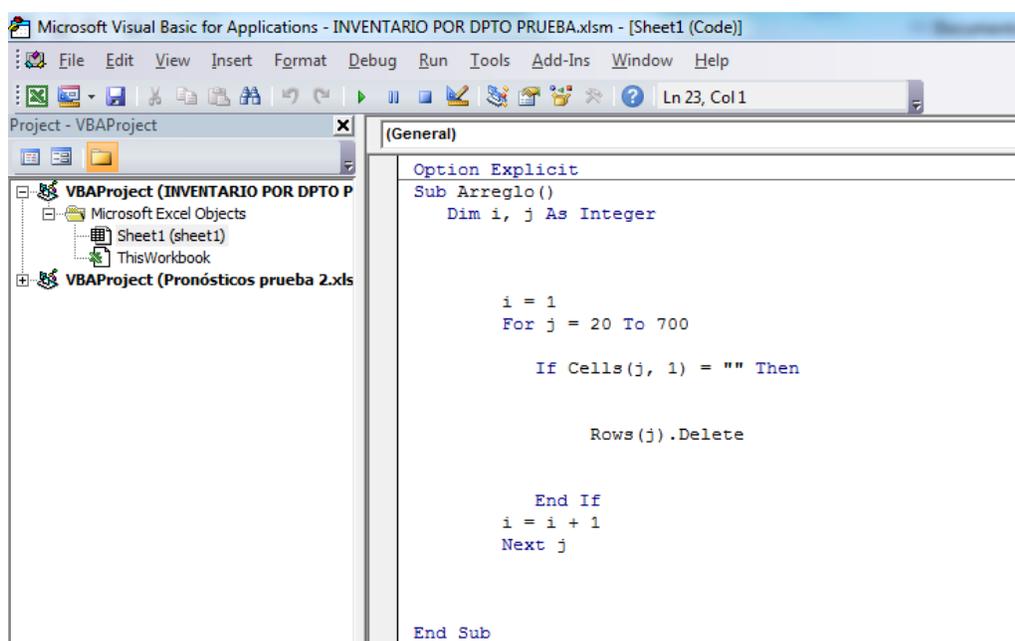
De acuerdo a lo explicado anteriormente el número de periodos que se decidió pronosticar fue mayor. Este número de periodos fue 12, que hacen referencia a los doce meses del año en curso. Por lo tanto se pronosticó la demanda de cada uno de los 256 productos para estos 12 periodos y se procede a organizarlos en una tabla para facilidad del ingreso de estos datos al programa LP Solve donde se correrá el modelo una vez diseñado. De tal manera que la matriz de pronósticos está organizada de la siguiente manera. (Ver Anexo 1)

Tabla 11. Matriz de orden fase 1. Fuente: Autor

| Producto | Enero | Febrero | Marzo | . | . | . | Diciembre |
|----------|-------|---------|-------|---|---|---|-----------|
| P1 | E1 | F1 | M1 | . | . | . | D1 |
| P2 | E2 | F2 | M2 | . | . | . | D2 |
| P3 | E3 | F3 | M3 | . | . | . | D3 |
| . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . |
| P256 | E256 | F256 | M256 | . | . | . | D256 |

- Costo Unitario

El costo unitario hace referencia al precio al cual se adquirió cada uno de los productos por parte del proveedor. Este valor fue tomado directamente del sistema de información de la empresa. El sistema arroja la información de manera estándar con filas de por medio entre los datos de un producto y otro. Por lo tanto fue necesario crear un pequeño programa en visual basic de Excel que organizara los datos de tal manera que estos pudieran ser fácilmente utilizados.



```
Microsoft Visual Basic for Applications - INVENTARIO POR DPTO PRUEBA.xlsm - [Sheet1 (Code)]
File Edit View Insert Format Debug Run Tools Add-Ins Window Help
Ln 23, Col 1
Project - VBAProject
VBAProject (INVENTARIO POR DPTO P
  Microsoft Excel Objects
    Sheet1 (sheet1)
    ThisWorkbook
  VBAProject (Pronósticos prueba 2.xls)
  (General)
Option Explicit
Sub Arreglo()
  Dim i, j As Integer

  i = 1
  For j = 20 To 700

    If Cells(j, 1) = "" Then

      Rows(j).Delete

    End If
    i = i + 1
  Next j

End Sub
```

Ilustración 12. Código de programa de orden. Fuente: Autor

Una vez utilizado este programa y siguiendo con la recopilación de toda la información de todos los meses del año anterior. Se halló el costo unitario de cada producto y se le agregó una columna a la matriz donde se iban ordenando todos los parámetros de la siguiente manera. (Ver Anexo 1)

Tabla 12. Matriz de orden fase 2. Fuente: Autor

| Producto | Enero | Febrero | Marzo | . | . | . | Diciembre | Costo Unitario |
|----------|-------|---------|-------|---|---|---|-----------|----------------|
| P1 | E1 | F1 | M1 | . | . | . | D1 | CU 1 |
| P2 | E2 | F2 | M2 | . | . | . | D2 | CU 2 |
| P3 | E3 | F3 | M3 | . | . | . | D3 | CU 3 |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P256 | E256 | F256 | M256 | . | . | . | D256 | CU 256 |

- Costo de oportunidad o escasez

Este costo hace referencia al cual se incurre al no tener disponibilidad de producto una vez este es solicitado por parte del consumidor. En este modelo el costo de oportunidad es aquel valor monetario que se deja de ganar al no tener producto, es decir, la diferencia que existe entre el precio de venta y el costo unitario de producto.

Este costo de oportunidad fue hallado después de extraer del sistema de información de la empresa el precio de venta y el costo unitario y posteriormente restarlos. Se agregaron dos nuevas columnas correspondientes al precio de venta y al costo de oportunidad a la matriz. (Ver Anexo 1)

Tabla 13. Matriz de orden fase 3. Fuente: Autor

| Clasificación | Producto | Enero | Febrero | Marzo | . | . | . | Diciembre | Costo Unitario | Precio de venta | Costo de Op |
|---------------|----------|-------|---------|-------|---|---|---|-----------|----------------|-----------------|-------------|
| C1 | P1 | E1 | F1 | M1 | . | . | . | D1 | CU 1 | PV 1 | CO 1 |
| C2 | P2 | E2 | F2 | M2 | . | . | . | D2 | CU 2 | PV 2 | CO 2 |
| C3 | P3 | E3 | F3 | M3 | . | . | . | D3 | CU 3 | PV 3 | CO 3 |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| C256 | P256 | E256 | F256 | M256 | . | . | . | D256 | CU 256 | PV 256 | CO 256 |

- Costo de mantener

El costo de mantener el inventario es prácticamente nulo, ya que el lugar donde se encuentra la empresa es propio desde hace más de veinte años. Fue construida por el arquitecto Francés Gastón Lelarge a principios del siglo XX por lo tanto figura dentro del patrimonio histórico de la ciudad.

De acuerdo a esta información y al decreto 3019 emitido el 26 de diciembre de 1989 donde figura:

“Artículo 2: VIDA UTIL DE LOS ACTIVOS FIJOS DEPRECIABLES ADQUIRIDOS A PARTIR DE 1989. La vida útil de los activos fijos depreciables, adquiridos a partir de 1989 será la siguiente:

Inmuebles (incluidos los oleoductos): 20 años

Barcos, trenes, aviones, maquinaria, equipo y bienes muebles: 10 años

Vehículos automotores y computadores: 5 años”¹⁹

Sin embargo este costo no puede ser nulo ya que se incurre en un costo de oportunidad por poseer el inmueble, por tal motivo fue necesario averiguar el valor de un local comercial ubicado en la misma zona y con las mismas características en cuanto al área utilizada.

Para esto se ingresó a la página web de una de las más importantes inmobiliarias de la ciudad (Inmobiliaria Cartagena) se tomaron los datos de los locales comerciales encontrados allí y se halló el valor del metro cuadrado promedio. Se tomaron los siete locales comerciales ubicados en la misma zona encontrados en la página de la inmobiliaria <http://www.inmobiliariacartagena.com/>. (Ver Anexo 2)

¹⁹ Decreto 3019 [En línea].

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=7321>[Citado abril de 2014]

Tabla 14. Tabla de cálculo de valor de local comercial. Fuente: Autor

| Inmueble | Concepto | Valor | Valor m2 |
|-------------------|----------|--------------|------------|
| Local Comercial 1 | Valor | \$ 5,500,000 | \$ 62,500 |
| | área m2 | 88 | |
| Local Comercial 2 | Valor | \$ 8,000,000 | \$ 84,211 |
| | área m2 | 95 | |
| Local Comercial 3 | Valor | \$10,500,000 | \$ 52,500 |
| | área m2 | 200 | |
| Local Comercial 4 | Valor | \$ 3,800,000 | \$ 111,765 |
| | área m2 | 34 | |
| Local Comercial 5 | Valor | \$10,500,000 | \$ 35,000 |
| | área m2 | 300 | |
| Local Comercial 6 | Valor | \$16,000,000 | \$ 38,741 |
| | área m2 | 413 | |
| Local Comercial 7 | Valor | \$20,000,000 | \$ 71,429 |
| | área m2 | 280 | |

Se procede a hallar el valor por metro cuadrado de acuerdo a la información encontrada, para este caso fue de \$65.164. Una vez hallado el valor del metro cuadrado promedio se multiplica por el área actual que posee la empresa que son 120 m2 para así obtener un total del costo de mantener de \$7'819.623. Para efectos del modelo tomaremos un costo de mantener de \$8'000.000.

Este costo de mantener debe estar distribuido en el área que ocupa la bodega en el local de la empresa, el cual se encuentra distribuido de la siguiente manera.

- Área administrativa: ocupa 20% del total de la empresa, es donde se encuentra la oficina del gerente y el escritorio de la contadora.
- Área comercial: ocupa 30% del total de la empresa, es el espacio dónde se realizan las ventas frente a frente al consumidor.
- Bodega: ocupa 50% del total de la empresa y es donde se almacenan todos los productos que serán comercializados.

De acuerdo a esto el 50% del espacio total de la empresa es empleado para el almacenamiento de los productos, es decir, el costo destinado para este espacio es de \$4'000.000 que a su vez debe estar distribuido por el espacio que ocupan los productos en la bodega.

Para esta clasificación se tomó cada uno de los productos y le fue asignado un tipo de acuerdo a su tamaño.

Tipo A: productos que debido a su gran tamaño ocupan un 60% del espacio de la bodega.

Tipo B: productos que son de tamaño mediano y ocupan un 30% del espacio en bodega.

Tipo C: productos pequeños que debido a su tamaño sólo ocupan un 10% de espacio en bodega.



Ilustración 13. Porcentaje de ocupación de productos. Fuente: Autor

Al ser una empresa distribuidora, reconocida por su amplio portafolio en repuestos y equipos electrónicos, del total de las 2225 referencias que maneja la empresa aproximadamente el 30% son productos tipo A tales como parlantes, bafles, cables de más de 10 metros de longitud entre otros. Los productos tipo B son un 20% del portafolio, donde figuran algunos como los flyback (Chupas para televisores antiguos), antenas de televisión, cables de más de 2 metros de longitud y menos de 10 metros. Y por último 50% son referencias de tipo C dentro de los que se encuentran resistencias, circuitos integrados, cables de menos de dos metros de longitud etc.

% de Productos

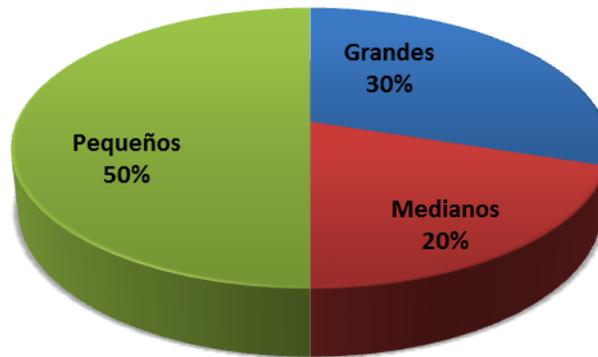


Ilustración 14. Porcentaje de productos. Fuente: Autor

En la siguiente tabla se hace un resumen para la clasificación de los productos de acuerdo a su tamaño y al costo de mantener asociado a cada uno.

Tabla 15. Tabla de cálculo del costo de mantener. Fuente: Autor

| Tamaño | Clasificación | % Ocupación en bodega | Valor | % Sobre el total de productos | Productos | Costo de mantener |
|----------|---------------|-----------------------|--------------|-------------------------------|-----------|-------------------|
| Grandes | Tipo A | 60% | \$ 2,400,000 | 30% | 668 | \$ 3,596 |
| Medianos | Tipo B | 30% | \$ 1,200,000 | 20% | 445 | \$ 2,697 |
| Pequeños | Tipo C | 10% | \$ 400,000 | 50% | 1,113 | \$ 360 |

A cada tipo de producto le fue asignado el valor de acuerdo al porcentaje de participación sobre los \$4'000.000 y a su vez se le asignó el valor de lo que cuesta mantener las ese producto en bodega.

De la misma manera se agrega una nueva columna a la matriz de ordenamiento para luego ingresar los datos al programa en LPSolve. (Ver Anexo 1)

Tabla 16. Tabla de orden fase 3. Fuente: Autor

| Producto | Enero | Febrero | Marzo | . | . | . | Diciembre | Costo Unitario | Precio de venta | Costo de Op | Costo de Mantener |
|----------|-------|---------|-------|---|---|---|-----------|----------------|-----------------|-------------|-------------------|
| P1 | E1 | F1 | M1 | . | . | . | D1 | CU 1 | PV 1 | CO 1 | CM 1 |
| P2 | E2 | F2 | M2 | . | . | . | D2 | CU 2 | PV 2 | CO 2 | CM 2 |
| P3 | E3 | F3 | M3 | . | . | . | D3 | CU 3 | PV 3 | CO 3 | CM 3 |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P256 | E256 | F256 | M256 | . | . | . | D256 | CU 256 | PV 256 | CO 256 | CM 256 |

- Inventario inicial

El inventario inicial fue extraído del sistema de información de la empresa, posterior a eso se ejecutó el programa en Excel para organizarlo y se filtró para sólo dejar así los 256 productos que son el objeto de estudio.

Este inventario inicial hace referencia al inventario en el final del mes de Diciembre del año 2013 con el que iniciará Enero de 2014. Y se añaden estos valores del inventario inicial a la matriz final. (Ver Anexo 1)

Tabla 17. Tabla de orden fase 4. Fuente: Autor

| Producto | Enero | Febrero | Marzo | . | . | . | Diciembre | Costo Unitario | Precio de venta | Costo de Op | Costo de Mantener | Inventario inicial |
|----------|-------|---------|-------|---|---|---|-----------|----------------|-----------------|-------------|-------------------|--------------------|
| P1 | E1 | F1 | M1 | . | . | . | D1 | CU 1 | PV 1 | CO 1 | CM 1 | II 1 |
| P2 | E2 | F2 | M2 | . | . | . | D2 | CU 2 | PV 2 | CO 2 | CM 2 | II 2 |
| P3 | E3 | F3 | M3 | . | . | . | D3 | CU 3 | PV 3 | CO 3 | CM 3 | II 3 |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . | . |
| P256 | E256 | F256 | M256 | . | . | . | D256 | CU 256 | PV 256 | CO 256 | CM 256 | II 256 |

- Costo de ordenar

El valor en el que se incurre al momento de colocar un pedido al proveedor es un costo fijo ya que no depende de las unidades en el pedido. Debido a la ubicación de **CS ELECTRONICS S.A.S**, es decir, como la empresa se encuentra ubicada en el mismo lugar de vivienda del gerente y dueño de la misma, el servicio de telefonía, internet y televisión vienen en un paquete mensual

cuyo valor es de \$180.000. Cabe resaltar que en este valor se incluye el servicio de 3 líneas telefónicas, televisión e internet.

Además de este valor inicial la empresa cuenta con dos líneas corporativas de celular: una del gerente por la cual se paga un valor mensual de \$80.000 y la otra perteneciente a la fuerza de ventas para su estricto uso a nivel empresarial por un valor de \$60.000 mensuales.

La suma de los costos de los servicios que son utilizados para poner pedidos al proveedor, valores obtenidos por los servicios estos valores nos da un total de \$320.000 que dividido entre el total de las referencias nos da un aproximado de \$144 por cada referencia que es ordenada. Al ser un costo fijo que no depende de los productos ni del periodo, simplemente depende del hecho de si se hace o no un pedido, este parámetro no se incluirá en la matriz de orden sino que se ingresará sin un subíndice. Es decir se ingresará el costo total de ordenar acompañado de una variable binaria que lo active en el caso de hacer un pedido.

Presentación estándar

Después de demostrar cuales son los parámetros necesarios para ejecutar el modelo de programación lineal y cómo se hallaron cada uno de ellos es necesaria la presentación de forma estándar de los parámetros y los conjuntos a los que pertenecen.

Conjuntos

K: Periodos

I: Productos

Parámetros

D_{ik}: Pronóstico del producto *i* en el periodo *k*

C_i: Costo unitario del producto *i*

M_i: Costo de mantener el producto *i*

O: Costo de ordenar

E_i: Costo de oportunidad o de escasez del producto *i*

Ini_i: Inventario inicial del producto *i*

7.3.2. Variables de decisión del modelo.

En los modelos de programación lineal en general es un paso crucial la definición de las variables de decisión de la problemática a tratar. A continuación se definirán dichas variables para la posterior construcción de las restricciones y la función objetivo del modelo en cuestión.

Para definir las variables del modelo hay que dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Qué es lo que queremos encontrar?

Con el modelo se pretende encontrar lo siguiente:

- Cantidad económica de pedido o EOQ
- El inventario inicial de cada periodo
- La capacidad máxima de producto que se puede mantener
- Si se realiza o no un pedido en el periodo

Con base en aquello que se desea encontrar con el modelo es necesario definir las variables de la manera estándar.

Variables

X_{ik}: Cantidad de unidades del producto *i* que se pedirá en el periodo *k*

Y_{ik}: Inventario inicial del producto *i* en el periodo *k*

S_i: Cantidad económica de pedido o EOQ del producto *i*

W: Variable de tipo binario $\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{1: Si se realiza un pedido} \\ \mathbf{0: Si no se realiza un pedido} \end{array} \right\}$

7.2.5 Restricciones asociadas al modelo de inventarios.

En este paso se establecerá bajo qué restricciones se va a ejecutar el programa lineal. Estas restricciones limitaran la factibilidad del modelo. “Una solución del modelo es factible si satisface todas las restricciones. Es óptima si además de ser factible, produce el mejor valor (máximo o mínimo) de la función objetivo”²⁰

Se sugiere empezar con las restricciones más sencillas pero de igual importancia que las demás. Estas son las restricciones de la no negatividad de las variables que lo sugieren, en este caso son todas menos la binaria ya que previamente se establece que sólo puede tomar dos valores el uno y el cero.

Luego de estas restricciones procedemos a involucrar los parámetros con las diferentes variables para establecer las demás condiciones que restringen el modelo tal y como se muestra a continuación en modo estándar con su respectiva indicación al lado. Es preciso hacer énfasis en que el periodo 1 se toma como diciembre para poder incluir los parámetros que se sacaron de este periodo como el inventario inicial de Enero de 2014 que es el inventario final de Diciembre 2013.

$$Y_{ik-1} + X_{ik} - D_{ik} = Y_{ik} \quad \forall i \text{ en productos, } k \text{ en periodos } \wedge k > 1$$

Aquí se asegura que el inventario inicial de un periodo es la suma del inventario inicial del periodo anterior y la cantidad de pedido en el periodo actual menos la demanda del periodo actual.

$$Y_{ik-1} + X_{ik} \geq D_{ik} \quad \forall i \text{ en productos, } k \text{ en periodos } \wedge k > 1$$

Con esta restricción se asegura que siempre la demanda sea satisfecha. Ya que cuando k es mayor a uno la suma del inventario inicial del producto más la cantidad que se pidió sea igual o mayor a la demanda.

$$Y_{i1} = Ini_i \quad \forall i \text{ en productos}$$

En esta restricción se hace que el inventario inicial del primer periodo sea igual a los datos de entrada en este periodo.

$$X_{i1} = 0 \quad \forall i \text{ en productos}$$

²⁰ TAHA, HAMDY A. Investigación de operaciones. 7ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 3

Con esta restricción se hace que la cantidad a pedir en el primer periodo sea nula, ya que este es el periodo de Diciembre 2013.

$$X_{ik} \leq S_i \quad \forall i \text{ en productos } \wedge k \text{ en periodos}$$

Con esta restricción se busca que la cantidad pedida de cierto tipo de producto sea menor o igual a la cantidad óptima de pedido S_i .

Para este modelo en particular fue necesario hacer uso de restricciones disyuntivas, que son aquellas restricciones que no se satisfacen de manera simultánea.

“El modelado lineal de ciertos problemas, tal como el problema de secuenciación de tareas o la representación de regiones no convexas, presenta la necesidad de formular restricciones que no se satisfacen de forma simultánea. Nos referimos pues a situaciones en que dos (o más) restricciones no se pueden cumplir a la vez, (se debe satisfacer una u otra), pero que exigen la inclusión de ambas (todas) ya que a priori se desconoce cuál de ellas se va a satisfacer.”²¹

Con este par de restricciones se busca que se cumpla sólo una en caso de que la variable binaria tome uno de los dos valores, es decir, en caso de que se haga o no un pedido.

De hacer un pedido se estaría cumpliendo la segunda restricción y en caso de no hacerlo se cumpliría la primera de tal manera que se represente la región no convexa. Esto significa que en cualquiera de los dos casos, si se hace un pedido la cantidad que se va a pedir será la cantidad económica de pedido EOQ y en caso de no realizar pedido entonces la cantidad a pedir es cero.

De tal manera que la variable cantidad de unidades del producto i que se pedirá en el periodo k (X_{ik}) tomará dos valores, cero en caso de no realizar pedido y en caso de realizar un pedido será igual al EOQ .

$$X_{ik} \geq S_i - 1000(1 - W_k) \quad \forall i \text{ en productos } \wedge k \text{ en periodos}$$

$$X_{i1} \leq 0 + 1000(W_k) \quad \forall i \text{ en productos } \wedge k \text{ en periodos}$$

²¹ Construcción de modelos de programación lineal. [En línea]. <http://italica.us.es/asignaturas/Examenes/Construcci%C3%B3n%20de%20modelos%20de%20PL.pdf> [Citado abril de 2014]

7.3.3. Función objetivo y expresión matricial.

Con base en la oportunidad de mejora identificada en el diagnóstico, los parámetros, variables y restricciones la función objetivo consiste en minimizar los costos asociados al nivel de inventario.

La función objetivo debe minimizar la suma de los siguientes ítems:

- Costo de ordenar en caso de que haya pedido
- El costo unitario de un producto multiplicado por la cantidad de pedido de ese producto
- El costo de oportunidad o de escasez de un producto multiplicado por la cantidad demandada de ese producto que no fue satisfecha
- El costo de mantener de un producto por la cantidad de existencias de ese producto

Por lo tanto la función objetivo es la siguiente:

$$\text{Min: } \sum_{k \in K} O(W_k) + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} C_i(X_{ik}) + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} M_i(Y_{ik}) \quad \forall k > 1$$

Una vez definida la función objetivo lo siguiente es establecer la expresión final del modelo, bien sea la expresión matricial o general.

7.3.4. Expresión matricial

$$\text{Min: } \sum_{k \in K} O(W_k) + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} C_i(X_{ik}) + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} M_i(Y_{ik}) \quad \forall k > 1$$

S.t.

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{ik-1} + X_{ik} - D_{ik} = Y_{ik} \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 2, \dots, K \\ Y_{ik-1} + X_{ik} \geq D_{ik} \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 2, \dots, K \\ Y_{i1} = Ini_i \quad \forall i = 1, \dots, I \\ X_{i1} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, I \\ X_{ik} \leq S_i \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 1, \dots, I \\ X_{ik} \geq S_i - 1000(1 - W_k) \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 1, \dots, K \\ X_{i1} \leq 0 + 1000(W_k) \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 1, \dots, K \end{array} \right.$$

Expresión general

Conjuntos

K: Periodos

I: Productos

Parámetros

D_{ik}: Pronóstico del producto *i* en el periodo *k*

C_i: Costo unitario del producto *i*

M_i: Costo de mantener el producto *i*

O: Costo de ordenar

E_i: Costo de oportunidad o de escasez del producto *i*

Ini_i: Inventario inicial del producto *i*

Variables

X_{ik}: Cantidad de unidades del producto *i* que se pedirá en el periodo *k*

Y_{ik}: Inventario inicial del producto *i* en el periodo *k*

S_i: Capacidad máxima del producto *i*

W : Variable de tipo binario $\left\{ \begin{array}{l} 1: \text{Si se realiza un pedido} \\ 0: \text{Si no se realiza un pedido} \end{array} \right\}$

Restricciones

$$Y_{ik-1} + X_{ik} - D_{ik} = Y_{ik} \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 2, \dots, K$$

$$Y_{ik-1} + X_{ik} \geq D_{ik} \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 2, \dots, K$$

$$Y_{i1} = In_i \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$X_{i1} = 0 \quad \forall i = 1, \dots, I$$

$$X_{ik} \leq S_i \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 1, \dots, K$$

$$X_{ik} \geq S_i - 1000(1 - W_k) \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 1, \dots, K$$

$$X_{i1} \leq 0 + 1000(W_k) \quad \forall i = 1, \dots, I \quad k = 1, \dots, K$$

Función Objetivo

$$\text{Min: } \sum_{k \in K} O(W_k) + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} C_i(X_{ik}) + \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} M_i(Y_{ik}) \quad \forall k > 1$$

7.4. Validación del modelo mediante la aplicación a un segmento de los datos

“La validación del modelo comprueba si el modelo propuesto hace lo que se quiere que haga, esto es, ¿Predice el modelo en forma adecuada el comportamiento del sistema que se estudia? Al principio, el equipo de investigación de operaciones se debe convencer que el resultado del modelo no incluya sorpresas.

En otras palabras, ¿Tiene sentido la solución? ¿Se pueden aceptar intuitivamente los resultados? Desde el lado formal, un método frecuente para comprobar la validez de un modelo es comparar su resultado con datos históricos. El modelo es válido si, bajo condiciones de datos semejantes, reproduce el funcionamiento en el pasado. Sin embargo, en general no hay seguridad de que el funcionamiento en el futuro continúe reproduciendo los datos del pasado.

También, como el modelo se suele basar en un examen cuidadoso de los datos históricos, la comparación propuesta debería ser favorable. Si el modelo propuesto representa un sistema nuevo, no existente, no habrá datos históricos para las comparaciones. En esos casos se podrá recurrir a una simulación, como herramienta independiente para verificar los resultados del modelo matemático.”²²

El código ingresado en el programa Lp Solve se muestra en una imagen a continuación, sin embargo este se encuentra como texto al final del documento (Ver Anexo 3):

```

1 /* LPSolver */
2 set periodos;
3 set productos;
4
5 param d{productos,periodos};
6 param m{productos};
7 param o;
8 param c{productos};
9 param e{productos};
10 param ini{productos};
11 /* Variable definitions */
12 var x{productos,periodos} >=0;
13 var z{productos, periodos} >=0;
14 var w{periodos} binary;
15 var y{productos, periodos} >=0;
16 var s{productos}>=0;
17 /* Objective function */
18 minimize obj: sum (k in periodos)(o*w[k]) + sum( i in productos, k in periodos)(c[i]*x[i,k])+
19 sum{ i in productos,k in periodos}(e[i]*z[i,k]) + sum{i in productos,k in periodos: k>1}(m[i]*(y[i,k]));
20
21
22 |
23
24 s.t. inv{i in productos, k in periodos :k>1}: y[i,k-1]+x[i,k]-d[i,k]=y[i,k];
25 s.t. demanda{i in productos, k in periodos: k>1}: y[i,k-1]+x[i,k]>=d[i,k];
26 s.t. inicial{i in productos}: y[i,1]=ini[i];
27 s.t. inicial1{i in productos}:x[i,1]=0;
28 s.t. eqq{i in productos, k in periodos}: x[i,k]<=s[i];
29 s.t. eqq1{i in productos, k in periodos}: x[i,k]>=s[i]-1000*(1-w[k]);
30 s.t. eqq2{i in productos, k in periodos}: x[i,k]<= 1000*(w[k]);
31 data;
32 set periodos:= 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 ;
33 set productos:= 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
34 param o := 330000;
35
36 param ini:=
37 1 0

```

Ilustración 15. Modelo de programación lineal. Fuente: Autor

Los parámetros fueron organizados en tablas de tal manera que estos pudieran ser ingresados al programa con facilidad. En las soluciones del programa veremos que a los productos se les asignó un número de acuerdo al orden que se le dio en la matriz de clasificación. La tabla de orden de los productos y sus respectivas referencias se enseña a continuación:

²² TAHA, HAMDY A. Investigación de operaciones. 7ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 9

Tabla 18. Matriz de clasificación. Fuente: Autor

| Item | Referencia | Producto |
|------|------------|-------------------------------|
| 1 | 2X1-10M | CABLE 2X1 DE 10MTS |
| 2 | 2X18TR | CABLDE POLARIZADO TRANSP 2X18 |
| 3 | 2X1GE | CABLE 2X1 GENERAL |
| 4 | 2X2PH | CABLE 2X2 RCA PHILIPS |
| 5 | 2X2RCA10M | CABLE RCA 2X2 10MTS |
| 6 | 2X2RCA15M | CABLE RCA 15 MTS |
| 7 | 3X3PHILIPS | CABLE 3X3 AUDIO/VIDEO |
| 8 | A6PR | CABLE RCA 2X2 MORADO |
| 9 | BMS2X2 | CABLE 2X2 AUDIO PIPE |
| 10 | BULK100 | CABLE GUITARRA PLU A PLUG |
| 11 | BULK120X3 | CABLE GUITARRA 3MTS ELE |
| 12 | BULK120X5 | CABLE GUITARRA 5MTS ELE |
| 13 | BULK250L | CABLE PROEL CANON CANON 1 MT |
| 14 | BULK540 | CABLE 2X1 PROEL |
| 15 | BULK545 | CABLE 2X2 PROEL |
| 16 | CA109 | CABLE 1X1 RCA |
| 17 | CA122 | CABLE 2X2 RCA |
| 18 | CA122ECO | CABLE 2X2 ECONOMICO |
| 19 | CA122X10 | CABLE 2X2 10MT |
| 20 | CA122X12 | CABLE RCA 2X2 12MTS |
| 21 | CA122X15 | CABLE 2X2 15MTS |
| 22 | CA122X5 | CABLE 2X2M 5MT |
| 23 | CA122X7 | CABLE 2X2 7MTS |
| 24 | CA1231 | CABLE AUDIO DE 2.5 A 3.5 |
| 25 | CA128 | CABLE RCA 2X2 8MTS |
| 26 | CA130 | CABLE AUDIFONO 3.5X3.5 |
| 27 | CA131 | CABLE UNO X UNO 1.8MTS |
| 28 | CA1311 | CABLES 3.5 COLORES 90 CM |
| 29 | CA132 | CABLE 1X1 1.8M |
| 30 | CA138 | CABLE 1X1 3.5 7.5MTS |
| 31 | CA1422 | CABLE 2PLUG RCA X2 1.8MTS |
| 32 | CA1424 | CABLE 2 RCA X 2 3.6MTS |
| 33 | CA1425 | CABLE 2 RCA X2 4.5MTS |
| 34 | CA1471 | CABLE 2X1 DE 1.8 MTS |
| 35 | CA154 | CABLE DE PODER 2.5 MTS |
| 36 | CA1622 | CABLE 2 RCA A 2 PLUG |
| 37 | CA1632 | CABLE PLUG 6.3 A 3.5 |
| 38 | CA1642 | CABLE AUDIO 3.5 A 2 DE 1/4 |
| 39 | CA1652 | CABLE 2 RCA A MONO 1/4 |
| 40 | CA171 | CABLE 2X1 TRANSP 1.80M |
| 41 | CA1713 | CABLE 2 RCA 3JACK 3.5 |
| 42 | CA175 | EXTENCION AUDIFONO |
| 43 | CA1753 | CABLE 1 PLUG 3.5 A 3 JACK 3.5 |
| 44 | CA175PH | EXTENCION DE AUDIFONO 3MT |
| 45 | CA175X1.8 | EXTENCION DE AUDIFONO |
| 46 | CA178 | CABLE 2X1 DE 7.5MT |
| 47 | CA179 | CABLE 2X1 DE 12MTS |
| 48 | CA191 | CABLE DE 3 RCA A 3.5 |
| 49 | CA193 | CABLE DE 3 RCA A 3.5 |
| 50 | CA2302 | CABLE 3X3 DE 1.8MTS |

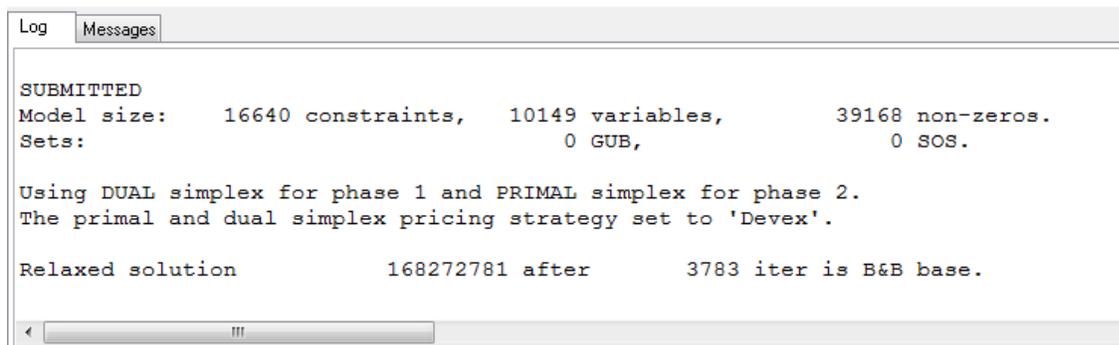
| | | |
|-----|-----------|------------------------------|
| 51 | CA2302ECO | CABLE 3X3 DE 1.8MTS |
| 52 | CA2303 | CABLE 3X3 3MTS |
| 53 | CA2308 | CABLE 3X3 DE 7.5MTS |
| 54 | CA2312 | CABLE VIDEO JUEGOS |
| 55 | CA232 | CABLE DUBIN 3X3 |
| 56 | CA232-1 | CABLE 3X3 AUDIO Y VIDEO |
| 57 | CA2442 | CABLE 3X3 VIDEO COMP |
| 58 | CA282 | CABLE SUPER VIDEO 4P |
| 59 | CA2872 | CABLE RCA A SUPER VIDEO 7P |
| 60 | CA412 | CABLE IMPRESORA 25X36 |
| 61 | CA413 | CABLE IMPRESORA DB25-36 3MTS |
| 62 | CA422 | CABLE DB25 MM |
| 63 | CA422F | EXTENCION DB25M A HEMBRA |
| 64 | CA442 | CABLE DB9M H |
| 65 | CA452M | CABLE VGA 1.8MT |
| 66 | CA454B | CABLE VGA 1.8 M CON FILTRO |
| 67 | CA454M | CABLE VGA X 3MT |
| 68 | CA458M | CABLE VGA X 7.5MT |
| 69 | CA45MX10 | CABLE VGA X 10MT |
| 70 | CA45MX15 | CABLE VGA X 15MT |
| 71 | CA45MX20 | CABLE VGA 20 MTS |
| 72 | CA45MX30 | CABLE VGA 30MTS |
| 73 | CA4755 | CABLE CON PLU DC |
| 74 | CA4758 | CABLE CON PLUG DC |
| 75 | CA4759 | CABLE PLUG DC |
| 76 | CA4760 | CABLE CON PLUG DC |
| 77 | CA701 | CABLES DE DATOS COLORES |
| 78 | CA702 | CABLE USB |
| 79 | CA703 | CABLE MICRO USB |
| 80 | CA711 | CABLE USB |
| 81 | CA712 | CABLE USB A MINI USB |
| 82 | CA71-2 | CABLE 2USB A MINI USB |
| 83 | CA730-6 | CABLE USB A CONECTOR GALAXY |
| 84 | CA731 | CABLE PARA IPAD |
| 85 | CA734 | CABLE MINI USB A 3.5 |
| 86 | CA7341 | CABLE LUMINOSO 90 CM |
| 87 | CA734PP | CABLE DE DATOS |
| 88 | CA735 | CABLE DATOS |
| 89 | CA735YE | CABLE DE DATOS |
| 90 | CA736 | CABLE CELULAR GALAXY |
| 91 | CA737 | CABLE HDMI SMART PHONE |
| 92 | CA742 | CABLE USB MACHO MACHO |
| 93 | CA7513 | CABLE USB DISCO DURO EXTERNO |
| 94 | CA752 | CABLE USB MACHO MACHO |
| 95 | CA752SI | CABLE USB |
| 96 | CA753 | EXTENCION USB |
| 97 | CA753SI | CABLE PARA IMPRESORA TRANS |
| 98 | CA756SI | CABLE USB |
| 99 | CA762 | CABLE USB |
| 100 | CA762B | EXTENCION USB M-H |
| 101 | CA762SI | CABLE USB |
| 102 | CA765SI | CABLE EXTENSION USB TRANS |
| 103 | CA773 | CABLE USB |
| 104 | CA773F1 | CABLE USB H A 3.5 |
| 105 | CA774 | CABLE USB APLUG DC |

| | | |
|-----|-----------|---|
| 106 | CA779-3 | CABLE MIDI USB |
| 107 | CA781 | CABLE USB A 6 PLG DC |
| 108 | CA794 | CABLE USB |
| 109 | CA901-3 | CABLE OPTICO FIBRA |
| 110 | CA901-6 | CABLE OPTICO AUDIO |
| 111 | CA912 | CABLE HDMI 1.5 MTS |
| 112 | CA912X1.8 | CABLE HDMI 1.8 MTS |
| 113 | CA912X10 | CABLE HDMI 10MT |
| 114 | CA912X15 | CABLE HDMI 15M |
| 115 | CA912X3.6 | CABLE HDMI X 3.6MT |
| 116 | CA912X5 | CABLE HDMI 5 MTS |
| 117 | CA916 | CABLE HDMI 5 MTS |
| 118 | CA925 | CABLE MINI HDMI |
| 119 | CA941-6 | CABLE HDMI A MICRO |
| 120 | CA944 | CABLE FIREWHERE FIREWHERE |
| 121 | CA964MM | CABLE FIRE WAIRE |
| 122 | CAB01 | CABLE 1/4 A CANON CP161 |
| 123 | CAB02 | CABLE 1/4 A JACK CANON 7MTS CP162 |
| 124 | CAB03 | CABLE 1/4 A PLUG 3.5 CP143 |
| 125 | CAB10 | CABLE 1X1 MONOFONICO 1.8M CA132MONO |
| 126 | CAB103 | ZZZCABLE MONITOR 15PINES CA452 |
| 127 | CAB11 | CABLE 1X1 RCA COLORES CA109 |
| 128 | CAB111 | CABLE PLUG A JACK 3.5 CA175X3 |
| 129 | CAB115 | CABLE PLUG NUTRIE A NUTRIE 15 MTS CP199 |
| 130 | CAB118 | CABLE PODER DELGADO CA150 |
| 131 | CAB12 | CABLE 1X1 STEREO 1.8M CA132 |
| 132 | CAB124 | ZZZCABLE SUMADORA CA152 |
| 133 | CAB127 | CABLE SUPERVIDEO 4P A 4P 3M CA284G |
| 134 | CAB13 | CABLE 1X1 STEREO 4.5M CA134 |
| 135 | CAB131 | CABLE SUPERVIDEO MONSTHER |
| 136 | CAB132 | CABLE SUPERVIDEO RCA CA292 |
| 137 | CAB133 | CABLE SUPERVIDEO TMC SVIDEOTMC |
| 138 | CAB14 | CABLE 1X1 STEREO CORTO CA131 |
| 139 | CAB140 | CABLE TREBOL 110AC TOPOYIYO |
| 140 | CAB142 | CABLE USB CA721 |
| 141 | CAB143 | ZZZCABLE USB CA731 |
| 142 | CAB145 | CABLE USB CA746 |
| 143 | CAB149 | CABLE USB A 3.5 TRISTEREO CA739 |
| 144 | CAB150 | CABLE USB A 3.5P AD1131-1 |
| 145 | CAB161 | CABLE UTP ARMADO 10M UTPX10 |
| 146 | CAB162 | CABLE UTP ARMADO 15M UTPX15 |
| 147 | CAB163 | CABLE UTP ARMADO 1M UTPX1 |
| 148 | CAB164 | CABLE UTP ARMADO 20M UTPX20 |
| 149 | CAB165 | CABLE UTP ARMADO 25M UTPX25 |
| 150 | CAB166 | CABLE UTP ARMADO 2M UTPX2 |
| 151 | CAB167 | CABLE UTP ARMADO 30M UTPX30 |
| 152 | CAB168 | CABLE UTP ARMADO 3M UTPX3 |
| 153 | CAB17 | CABLE 2X1 HEMBRA RCA CORTO GOLD2X1 |
| 154 | CAB170 | CABLE UTP ARMADO 5M UTPX5 |
| 155 | CAB171 | CABLE UTP ARMADO 6M UTPX6 |
| 156 | CAB172 | CABLE UTP ARMADO 7M UTPX7 |

| | | |
|-----|------------|--|
| 157 | CAB173 | CABLE UTP NIVEL 5 REDES |
| 158 | CAB176 | ZZZCABLE VGA A VIDEO COMPONENTE CA450 |
| 159 | CAB18 | CABLE 2X1 RCA 1.8M CB138ECO |
| 160 | CAB182 | CABLE 1/4 MONO A 3.5 MONO CP146 |
| 161 | CAB21 | CABLE 2X1 RCA 15M CB138X15 |
| 162 | CAB22 | CABLE 2X1 RCA 3.6M CB138X3.6 |
| 163 | CAB23 | ZZZCABLE 2X1 RCA 6M CB138X6M |
| 164 | CAB25 | CABLE 2X1 RCA MINI PLUG CA1462 |
| 165 | CAB30 | CABLE 2X2 RCA 3.5M CA125X3.5 |
| 166 | CAB31 | CABLE 2X2 RCA 4.5M 2X2TMC |
| 167 | CAB36 | CABLE 3RCA A 3.5 MONO STEREO CA231 |
| 168 | CAB46 | CABLE CAMARA AD1133-4 |
| 169 | CAB61 | CABLE CONVERTIDOR DE TECLADO CA492 |
| 170 | CAB62 | CABLE DB15 MACHO HEMBRA 7.5M CA458MH |
| 171 | CAB68 | ZZZCABLE 3X3 DUBIN CA232ECO |
| 172 | CAB71 | ZZZCABLE 3X3 DUBIN GRUESO 3.5M CA232PH |
| 173 | CAB88 | CABLE DVI 18 -1 AD1133-1 |
| 174 | CAB94 | ZZZCABLE GUITARRA CA161 |
| 175 | CAB95 | CABLE HDM A MICRO |
| 176 | CAB96 | CABLE HDMI 1.8M PHILIPS |
| 177 | CAB99 | CABLE HDMI 7M CA912X7 |
| 178 | CACD5540 | CABLE PLUG DC |
| 179 | CADC035 | CABLE PLUG DC |
| 180 | CAPCAC | CABLE PLUG DC ACER |
| 181 | CAPCHP | CABLE DC |
| 182 | CAPCMAHP | CABLE PARA PC |
| 183 | CAPCSATO | CABLE DC ADAPTADOR SAMSUNG |
| 184 | CAPCSOP | CABLE DC |
| 185 | CAS5521 | CABLE DC SONY |
| 186 | CB119X7 | CABLE 3X3 7 METROS |
| 187 | CB126 | YE 3.5 CON CABLE |
| 188 | CB138X6 | CABLE 2X1 6MTS |
| 189 | CBL010150 | CABLE ATA |
| 190 | CBLO104-10 | CABLE SATA |
| 191 | CBL1132-1 | CABLE USB CAMARA |
| 192 | CBL11391 | CABLE USB KODAK |
| 193 | CBL1150 | CABLE USB RETRACTIL |
| 194 | CBL4439-1 | CABLE 2X1 ESTEREO |
| 195 | CBL55451 | CABLE 3 RCA SUPER VIDEO |
| 196 | CBL55541 | CABLE RCA A SUPERVIDEO 4-7 |
| 197 | CBL5555-1 | CABLE SUPER VIDEO |
| 198 | CBL7777 | Y HDMI |
| 199 | CBL8831-1 | CABLE UNO X UNO |
| 200 | CBL8831-60 | CABLE UNO X UNO |
| 201 | CBL88343 | CANON MACHO X 1/4 |
| 202 | CC7354 | CABLE CONVERTIDOR IPHONE 4-5 |
| 203 | CDC5521 | CABLE VARIOS PLUG DC |
| 204 | CDCP530 | CABLE CON PLUG DC |
| 205 | CDCS540 | CABLE SONY |
| 206 | CE222 | CABLE 1X1 1.8MTS |

| | | |
|-----|-----------|-------------------------------|
| 207 | CE300X3 | CABLE 2X2 RCA |
| 208 | CE300X5 | CABLE 2X2 5MTS |
| 209 | CE400 | CABLE 3.5 X 2 RCA 15 MTS |
| 210 | CE400X20 | CABLE 3.5 X 2 RCA 20 MTS |
| 211 | CE400X5M | CABLE 2X1 5 MTS |
| 212 | CE400X7M | CABLE 2X1 7 MTS |
| 213 | CE612 | CABLE 3.5 POR 2 1/4 |
| 214 | CE900X10M | CABLE 3X3 10MTS |
| 215 | CE900X5M | CABLE 3X3 5 MTS |
| 216 | CFO200 | CABLE OPTICO 2MTS |
| 217 | CFO300 | CABLE OPTICO 3MTS |
| 218 | CFO500 | CABLE OPTICO 5 METROS |
| 219 | CHDMI | CABLE HDMI CON MALLA |
| 220 | CHDMIX10 | CABLE HDMI POR 10 MTS |
| 221 | CHDMIX3.6 | CABLE HDMI 3.6 MTS |
| 222 | CHDMIX5 | CABLE HDMI POR 5 MTS |
| 223 | CHDMIX7 | CABLE HDMI POR 7 MTS |
| 224 | CJP613 | CABLE DC A TRES PLUG DC |
| 225 | CJP614 | CABLE JACK DC A CUATRO PLU DC |
| 226 | CP142 | CABLE PLUG A PLUG 1 METRO |
| 227 | CP161 | CABLE MICROFONO 4.6MTS |
| 228 | CP621-3 | CABLE DE 1/4 A 1/4 COLORES |
| 229 | CR604 | CABLE UTP CAT6 |
| 230 | CRC1360 | CABLE TEATRO EN CASA |
| 231 | CRUCETA | RAMAL CABLES DC |
| 232 | CSC115M | CABLE MIXTO CAMARAS |
| 233 | CSC125M | CABLE MIXTO CAMARA |
| 234 | CSC14 | CABLE CAMARA 4 PLUG |
| 235 | CSTD118 | CABLE 1X1 DIGITAL |
| 236 | CSTD336 | CABLE 1X1 DIGITAL 3.6 MT |
| 237 | CUSB | CABLE USB IMPRESORA |
| 238 | CUSBMH | CABLE USB MACHO HEMBRA |
| 239 | DX38-10 | CABLE 1X1 3.5MM 10 MTS |
| 240 | DX38-5 | CABLE 1X1 3.5 MM 5 MTS |
| 241 | EX3X3 | CABLE 3X3 1.8 MTS |
| 242 | HDMI/VGA | CONVERTIDOR HDMI A VGA |
| 243 | HDMIX1.8 | CABLE HDMI 1.8 MTS |
| 244 | HDMIX10M | CABLE HDMI 10 MTS |
| 245 | N18 | CABLE DUPLEX TRANSPARENTE 18 |
| 246 | N22 | DUPLEX TRANSPARENTE 22 |
| 247 | PORT500 | CABLE CARGADOR |
| 248 | PP5M | CABLE GUITARRA 5M |
| 249 | USBM-H5M | EXTENCION USB 5 MTS |
| 250 | UTP5X1.8 | PATCH CORD DE 1.8M |
| 251 | UTP5X3.6M | PASCORD DE 3.6M |
| 252 | UTP6X1.8M | PATSCORD DE 1.8MTS |
| 253 | UTP6X3.8M | CABLE PATCH CORD CAT 6 3.6M |
| 254 | UTPIN | CABLE UTP INTEMPERIE |
| 255 | UTPNIVEL6 | CABLE UT CAT 6 |
| 256 | UTPX12 | CABLE UTP 12 MTS |

Al validar el modelo corriéndolo en LpSolve después de 3783 iteraciones encuentra la “Relaxed Solution” por un valor de **\$168'272.781**.



```
Log Messages
SUBMITTED
Model size: 16640 constraints, 10149 variables, 39168 non-zeros.
Sets: 0 GUB, 0 SOS.

Using DUAL simplex for phase 1 and PRIMAL simplex for phase 2.
The primal and dual simplex pricing strategy set to 'Devex'.

Relaxed solution 168272781 after 3783 iter is B&B base.
```

Ilustración 16. Solución relajada. Fuente: Autor

Una solución relajada del modelo se encuentra cuando el programa quita la restricción más fuerte, es decir, aquella que restringe el modelo en mayor grado. Al correr un modelo en LpSolve existen tres posibles escenarios:

1. El modelo es ilimitado, es decir, que no tiene las restricciones correctas y por lo tanto las soluciones son infinitas.
2. El modelo no es factible, es decir, no existe una solución que satisfaga las condiciones actuales del modelo.
3. El modelo encuentra una solución relajada y más adelante encontrará la solución óptima.

Es posible afirmar que si al correr un modelo de programación lineal en LpSolve y este brinda una solución relajada quiere decir que el modelo es válido. Ya que el conducto regular que sigue LpSolve es encontrar una solución relajada, luego encuentra otra solución factible y la va mejorando a medida que pasan las iteraciones de acuerdo a un porcentaje de brecha. Este porcentaje hace referencia a lo que considera el programa de qué tan lejos se encuentra la solución actual de la solución óptima.

El modelo fue ejecutado para todos los productos y después de encontrar la solución relajada, en la iteración número 6326 encontró una solución factible **\$245'127.871** con un gap de **45.7%**. En ese momento LpSolve hizo un estimado en el cuál el valor de la función objetivo se encontraba a un 45.7%

de la solución óptima. A medida que iba aumentando el número de iteraciones iban disminuyendo el valor de las soluciones esto es debido a que se quiere minimizar la función objetivo del modelo.

| Log | Messages | | | | |
|---|---------------|-------|--------------|------------|---------------|
| Feasible solution | 245127871.017 | after | 6326 iter, | 12 nodes | (gap 45.7%) |
| Improved solution | 244860345.158 | after | 7206 iter, | 33 nodes | (gap 45.5%) |
| Improved solution | 243196085.722 | after | 8395 iter, | 49 nodes | (gap 44.5%) |
| Improved solution | 242426198.497 | after | 12472 iter, | 99 nodes | (gap 44.1%) |
| Improved solution | 241576751.65 | after | 16359 iter, | 140 nodes | (gap 43.6%) |
| Improved solution | 240893002.8 | after | 30466 iter, | 264 nodes | (gap 43.2%) |
| Improved solution | 239089081.483 | after | 35671 iter, | 300 nodes | (gap 42.1%) |
| Optimal solution | 239089081.483 | after | 142547 iter, | 1038 nodes | (gap 42.1%) . |
| Excellent numeric accuracy * = 1.36424e-012 | | | | | |

Ilustración 17. Soluciones del modelo. Fuente: Autor

Las siguientes soluciones se encontraron en las iteraciones 7206, 8395, 12472, 16359, 30466, 35671. Sin embargo se puede observar que después de más de tres minutos y más de **142.547** iteraciones se encontró la solución óptima \$ **239'089.081,483**.

Como fue explicado anteriormente, de acuerdo a conversaciones con el gerente y a la necesidad latente de mejorar el nivel de inventario, el modelo fue ejecutado para todo el año en curso por lo tanto ese valor de la solución óptima hace alusión al costo total de inventario en el año 2014. Al pasar los datos a Excel se puede lograr un mayor análisis para cada una de las variables de gran importancia tal como la cantidad económica de pedido **EOQ**.

A continuación se enseñan los resultados genéricos de las variables:

Y_{ik} : *Inventario inicial del producto i en el periodo k*

El comportamiento de este nivel de inventario inicial se puede observar en el siguiente gráfico.

Nivel de inventario

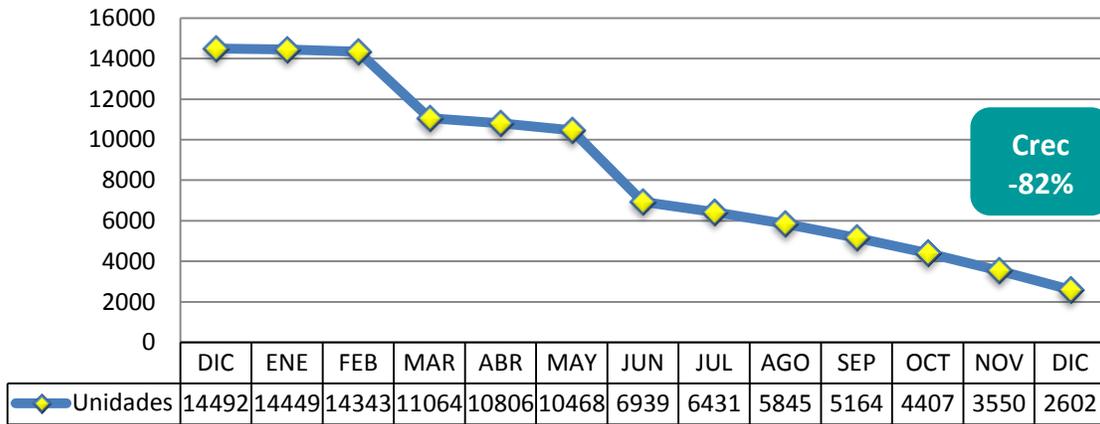


Ilustración 18. Nivel de inventario. Fuente: Autor

En este gráfico se puede apreciar el comportamiento del inventario inicial total de las referencias que fueron incluidas en el estudio. Este comportamiento es decreciente dando validez al objetivo de reducir el nivel de inventario, sin embargo este gráfico permite llevarse una idea genérica del comportamiento del inventario inicial a lo largo de la línea temporal pero cada referencia se comporta de manera diferente ya que el modelo reduce las unidades de inventario siempre y cuando se esté cumpliendo la demanda y se reduzca el costo de escasez.

En la tabla se puede apreciar el comportamiento del inventario inicial de cada uno de los productos en los diferentes periodos. Tal y como fue explicado previamente el modelo se corrió para doce periodos, sin embargo para los datos de entrada era necesario establecer el inventario inicial del primer periodo que era con el cuál finalizaba el mes de diciembre de 2013.

Tabla 19. Resultados de la variable Y del modelo. Fuente: Autor

| Variables | | y | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| Sum of final producto | periodo | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | | 26 | 35 | 44 | 20 | 26 | 31 | 3 | 5 | 6 | 7 | 6 | 4 | 0 |
| 3 | | 1 | 7 | 12 | 2 | 7 | 11 | 0 | 4 | 7 | 10 | 13 | 15 | 17 |
| 4 | | 62 | 59 | 56 | 53 | 49 | 45 | 41 | 37 | 33 | 29 | 24 | 19 | 14 |
| 5 | | 2 | 3 | 5 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 6 | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | | 34 | 34 | 34 | 24 | 24 | 23 | 12 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 0 |
| 9 | | 3 | 36 | 64 | 22 | 43 | 59 | 5 | 14 | 19 | 19 | 17 | 10 | 0 |
| 10 | | 9 | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 11 | | 0 | 3 | 6 | 2 | 3 | 5 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 12 | | 3 | 4 | 6 | 4 | 4 | 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 13 | | 0 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 14 | | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | | 6 | 6 | 7 | 6 | 6 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 16 | | 180 | 174 | 168 | 161 | 153 | 145 | 136 | 127 | 117 | 106 | 95 | 83 | 70 |
| 17 | | 214 | 194 | 177 | 88 | 81 | 77 | 0 | 4 | 13 | 26 | 42 | 63 | 88 |
| 18 | | 39 | 32 | 26 | 21 | 16 | 12 | 9 | 6 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 22 | | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| 23 | | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 24 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 25 | | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 |
| 26 | | 7 | 10 | 12 | 7 | 10 | 11 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 0 |
| 27 | | 162 | 156 | 148 | 135 | 125 | 113 | 97 | 84 | 69 | 54 | 37 | 20 | 0 |
| 28 | | 4 | 18 | 30 | 11 | 21 | 28 | 3 | 7 | 9 | 9 | 8 | 5 | 0 |
| 29 | | 264 | 308 | 345 | 247 | 266 | 278 | 155 | 150 | 136 | 115 | 85 | 47 | 0 |
| 30 | | 0 | 2 | 5 | 2 | 3 | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 31 | | 2 | 33 | 60 | 18 | 38 | 54 | 1 | 10 | 16 | 17 | 15 | 9 | 0 |
| 32 | | 29 | 29 | 29 | 25 | 23 | 22 | 17 | 15 | 13 | 10 | 6 | 3 | 0 |
| 33 | | 13 | 14 | 14 | 12 | 12 | 11 | 8 | 8 | 6 | 5 | 3 | 2 | 0 |
| 34 | | 144 | 242 | 327 | 182 | 240 | 284 | 99 | 116 | 120 | 110 | 87 | 50 | 0 |
| 35 | | 0 | 4 | 8 | 2 | 5 | 7 | 0 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 36 | | 224 | 246 | 264 | 181 | 189 | 193 | 97 | 92 | 83 | 69 | 50 | 27 | 0 |
| 37 | | 4 | 5 | 5 | 2 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 38 | | 14 | 18 | 22 | 12 | 14 | 17 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 0 |
| 39 | | 2 | 6 | 9 | 3 | 5 | 7 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 40 | | 455 | 561 | 653 | 325 | 390 | 441 | 71 | 95 | 104 | 99 | 80 | 47 | 0 |
| 41 | | 13 | 18 | 21 | 12 | 15 | 17 | 6 | 7 | 6 | 6 | 5 | 2 | 0 |
| 42 | | 8 | 9 | 9 | 4 | 5 | 5 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 43 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 44 | | 47 | 50 | 53 | 42 | 42 | 42 | 28 | 26 | 23 | 19 | 13 | 7 | 0 |
| 45 | | 32 | 29 | 26 | 20 | 18 | 16 | 11 | 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 46 | | 2 | 9 | 14 | 3 | 8 | 12 | 0 | 4 | 7 | 9 | 12 | 14 | 15 |
| 47 | | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 |
| 48 | | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 49 | | 5 | 10 | 14 | 6 | 8 | 11 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 50 | | 52 | 93 | 130 | 40 | 72 | 100 | 0 | 22 | 40 | 56 | 68 | 77 | 82 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 51 | 52 | 68 | 81 | 54 | 62 | 68 | 33 | 34 | 32 | 28 | 21 | 12 | 0 |
| 52 | 72 | 72 | 72 | 60 | 59 | 56 | 41 | 36 | 30 | 23 | 17 | 9 | 0 |
| 53 | 5 | 6 | 8 | 4 | 5 | 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 54 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 55 | 91 | 66 | 48 | 19 | 12 | 11 | 0 | 11 | 28 | 44 | 60 | 76 | 93 |
| 56 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 57 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 59 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 60 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 61 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 62 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 63 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 64 | 5 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 65 | 46 | 64 | 78 | 46 | 56 | 63 | 23 | 26 | 25 | 23 | 17 | 10 | 0 |
| 66 | 0 | 0 | 2 | 2 | 5 | 8 | 8 | 11 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 |
| 67 | 29 | 27 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 68 | 20 | 17 | 14 | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 69 | 6 | 9 | 12 | 6 | 7 | 9 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 70 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 |
| 71 | 6 | 7 | 8 | 5 | 6 | 6 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 72 | 0 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 73 | 34 | 38 | 42 | 30 | 33 | 34 | 19 | 18 | 16 | 13 | 10 | 5 | 0 |
| 74 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 75 | 0 | 7 | 14 | 4 | 8 | 12 | 0 | 3 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 76 | 18 | 18 | 18 | 15 | 14 | 13 | 10 | 9 | 8 | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 110 | 101 | 93 | 84 | 75 | 67 | 58 | 48 | 38 | 29 | 19 | 10 | 0 |
| 79 | 0 | 4 | 8 | 2 | 5 | 7 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 80 | 110 | 103 | 95 | 84 | 76 | 68 | 56 | 48 | 39 | 30 | 20 | 10 | 0 |
| 81 | 22 | 22 | 22 | 14 | 13 | 13 | 5 | 5 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| 82 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 83 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 84 | 0 | 3 | 7 | 2 | 4 | 6 | 0 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 85 | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 86 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 87 | 8 | 8 | 8 | 5 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 88 | 4 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 89 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 90 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 92 | 38 | 34 | 30 | 20 | 17 | 14 | 5 | 4 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 93 | 5 | 6 | 6 | 4 | 5 | 6 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 94 | 38 | 37 | 35 | 33 | 31 | 29 | 27 | 25 | 23 | 21 | 18 | 15 | 12 |
| 95 | 110 | 105 | 101 | 97 | 94 | 91 | 89 | 87 | 86 | 85 | 85 | 85 | 85 |
| 96 | 22 | 24 | 25 | 20 | 21 | 20 | 14 | 13 | 11 | 9 | 6 | 4 | 0 |
| 97 | 0 | 2 | 3 | 0 | 3 | 5 | 2 | 6 | 9 | 13 | 16 | 20 | 24 |
| 98 | 110 | 105 | 100 | 95 | 90 | 85 | 80 | 75 | 70 | 64 | 58 | 52 | 46 |
| 99 | 110 | 107 | 104 | 101 | 98 | 94 | 90 | 86 | 82 | 78 | 74 | 69 | 64 |
| 100 | 4 | 5 | 7 | 4 | 5 | 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 101 | 110 | 105 | 99 | 85 | 79 | 71 | 56 | 48 | 40 | 30 | 21 | 10 | 0 |
| 102 | 33 | 30 | 27 | 20 | 18 | 16 | 10 | 8 | 5 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 103 | 110 | 108 | 106 | 104 | 102 | 100 | 98 | 97 | 96 | 95 | 94 | 93 | 93 |
| 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 105 | 5 | 6 | 7 | 4 | 5 | 5 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 106 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 107 | 35 | 45 | 54 | 34 | 39 | 44 | 19 | 19 | 18 | 16 | 12 | 7 | 0 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| 108 | 110 | 109 | 108 | 107 | 106 | 105 | 104 | 103 | 102 | 101 | 100 | 99 | 98 |
| 109 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 110 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 111 | 0 | 5 | 9 | 3 | 5 | 8 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 112 | 30 | 33 | 34 | 18 | 20 | 20 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 1 | 0 |
| 113 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 114 | 4 | 5 | 7 | 5 | 5 | 5 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 115 | 86 | 88 | 88 | 68 | 67 | 64 | 41 | 37 | 32 | 25 | 18 | 9 | 0 |
| 116 | 21 | 18 | 15 | 12 | 11 | 9 | 7 | 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 117 | 21 | 21 | 21 | 18 | 17 | 17 | 13 | 11 | 9 | 8 | 5 | 3 | 0 |
| 118 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 | 2 | 5 | 7 | 10 | 12 | 15 | 17 |
| 119 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 120 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 121 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 122 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| 123 | 19 | 19 | 18 | 14 | 14 | 13 | 9 | 8 | 6 | 5 | 3 | 2 | 0 |
| 124 | 9 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 125 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 127 | 6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 128 | 16 | 15 | 14 | 9 | 8 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 129 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 130 | 213 | 201 | 189 | 172 | 157 | 141 | 121 | 104 | 85 | 65 | 44 | 23 | 0 |
| 131 | 14 | 33 | 58 | 0 | 37 | 79 | 38 | 92 | 152 | 218 | 290 | 368 | 451 |
| 132 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 133 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 134 | 26 | 23 | 21 | 14 | 12 | 10 | 4 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 135 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 136 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| 137 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 138 | 0 | 0 | 3 | 3 | 6 | 9 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 139 | 17 | 22 | 27 | 11 | 14 | 17 | 0 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 7 |
| 140 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 142 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 143 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 144 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 145 | 9 | 18 | 25 | 6 | 14 | 20 | 0 | 7 | 12 | 18 | 23 | 29 | 33 |
| 146 | 7 | 10 | 13 | 2 | 6 | 10 | 0 | 4 | 8 | 12 | 17 | 22 | 27 |
| 147 | 198 | 185 | 172 | 147 | 134 | 120 | 94 | 79 | 64 | 48 | 33 | 17 | 0 |
| 148 | 5 | 7 | 9 | 2 | 3 | 6 | 0 | 3 | 6 | 9 | 13 | 17 | 20 |
| 149 | 3 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 |
| 150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 151 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 |
| 152 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 153 | 78 | 83 | 87 | 61 | 63 | 63 | 34 | 31 | 27 | 22 | 17 | 9 | 0 |
| 154 | 8 | 8 | 8 | 0 | 3 | 6 | 1 | 7 | 13 | 21 | 29 | 39 | 48 |
| 155 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 156 | 3 | 7 | 11 | 0 | 5 | 10 | 0 | 5 | 10 | 16 | 22 | 28 | 34 |
| 157 | 4982 | 4474 | 3987 | 3380 | 2936 | 2513 | 1969 | 1588 | 1227 | 889 | 572 | 275 | 0 |
| 158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 159 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 160 | 6 | 7 | 8 | 5 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 161 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 162 | 210 | 209 | 206 | 147 | 142 | 136 | 73 | 64 | 53 | 42 | 30 | 15 | 0 |
| 163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 164 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 165 | 51 | 49 | 47 | 46 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| 166 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 167 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 168 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 170 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 171 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 174 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 175 | 8 | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 176 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| 177 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 3 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 178 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 180 | 14 | 15 | 16 | 10 | 10 | 11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| 181 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 182 | 4 | 10 | 16 | 6 | 10 | 13 | 0 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 0 |
| 183 | 9 | 9 | 10 | 8 | 8 | 9 | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 0 |
| 184 | 0 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 185 | 23 | 26 | 29 | 19 | 21 | 22 | 10 | 11 | 10 | 8 | 6 | 3 | 0 |
| 186 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 187 | 24 | 23 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 188 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 189 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 190 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 191 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 192 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 193 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 6 | 4 | 2 |
| 194 | 4 | 6 | 7 | 5 | 6 | 6 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 0 |
| 195 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 196 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 197 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
| 198 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 199 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 4 |
| 200 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 |
| 201 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 202 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 203 | 8 | 8 | 7 | 6 | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 0 |
| 204 | 18 | 18 | 17 | 15 | 14 | 12 | 9 | 8 | 7 | 5 | 4 | 2 | 0 |
| 205 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 206 | 1 | 7 | 12 | 4 | 8 | 11 | 0 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 0 |
| 207 | 214 | 211 | 208 | 205 | 202 | 198 | 194 | 190 | 186 | 181 | 176 | 171 | 166 |
| 208 | 4 | 8 | 11 | 6 | 8 | 10 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 0 |
| 209 | 4 | 9 | 12 | 6 | 9 | 11 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 | 2 | 0 |
| 210 | 11 | 12 | 11 | 9 | 9 | 9 | 7 | 7 | 5 | 4 | 3 | 1 | 0 |
| 211 | 70 | 67 | 63 | 59 | 55 | 50 | 45 | 39 | 33 | 27 | 20 | 13 | 5 |
| 212 | 9 | 11 | 14 | 9 | 10 | 11 | 5 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 0 |
| 213 | 0 | 4 | 8 | 2 | 5 | 7 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 214 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 215 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 216 | 40 | 38 | 36 | 34 | 32 | 30 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 |
| 217 | 10 | 10 | 10 | 7 | 8 | 8 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 218 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 219 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 3 | 2 | 4 | 6 | 9 | 11 | 14 | 16 |
| 220 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 221 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 222 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 223 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 224 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 225 | 4 | 5 | 6 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 226 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| 227 | 28 | 27 | 26 | 25 | 23 | 21 | 19 | 17 | 15 | 13 | 11 | 8 | 5 |
| 228 | 20 | 22 | 24 | 18 | 19 | 19 | 12 | 11 | 10 | 8 | 6 | 3 | 0 |
| 229 | 2280 | 2154 | 2026 | 1609 | 1474 | 1336 | 910 | 767 | 620 | 470 | 316 | 160 | 0 |
| 230 | 4 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 231 | 19 | 19 | 19 | 15 | 15 | 14 | 9 | 9 | 8 | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 232 | 6 | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 233 | 7 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 234 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 235 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 236 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 237 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 238 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 239 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 240 | 16 | 16 | 16 | 14 | 13 | 12 | 10 | 9 | 8 | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 241 | 137 | 154 | 166 | 126 | 132 | 134 | 84 | 79 | 70 | 58 | 43 | 23 | 0 |
| 242 | 4 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| 243 | 30 | 32 | 34 | 27 | 27 | 27 | 18 | 16 | 14 | 12 | 8 | 5 | 0 |
| 244 | 3 | 5 | 6 | 4 | 5 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 245 | 109 | 157 | 199 | 122 | 149 | 170 | 72 | 78 | 76 | 68 | 52 | 30 | 0 |
| 246 | 846 | 862 | 866 | 734 | 714 | 682 | 514 | 458 | 389 | 309 | 218 | 115 | 0 |
| 247 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 248 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 249 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 250 | 81 | 78 | 74 | 67 | 63 | 58 | 49 | 43 | 35 | 27 | 19 | 9 | 0 |
| 251 | 51 | 60 | 68 | 48 | 52 | 55 | 30 | 29 | 26 | 22 | 16 | 9 | 0 |
| 252 | 101 | 117 | 129 | 91 | 98 | 101 | 54 | 53 | 48 | 41 | 30 | 17 | 0 |
| 253 | 42 | 50 | 56 | 39 | 43 | 45 | 24 | 24 | 22 | 18 | 14 | 7 | 0 |
| 254 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 |
| 255 | 13 | 28 | 44 | 0 | 22 | 45 | 7 | 36 | 66 | 99 | 133 | 171 | 210 |
| 256 | 5 | 6 | 8 | 4 | 4 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |

W : Variable de tipo binario $\left\{ \begin{array}{l} 1: \text{Si se realiza un pedido} \\ 0: \text{Si no se realiza un pedido} \end{array} \right\}$

En la siguiente tabla se puede apreciar el comportamiento de la variable binaria W la cual indica en los periodos en que se colocan pedidos al proveedor. La solución óptima del modelo dio como resultado que esta variable fuera cero para los periodos 4 y 7, por lo tanto en estos periodos no se le colocarán pedidos al proveedor de ninguna de las referencias de los productos.

Tabla 20. Resultados variable W del modelo. Fuente: Autor

| Variables | W |
|-------------|-------------|
| | |
| Periodo | Grand Total |
| 1 | 0 |
| 2 | 1 |
| 3 | 1 |
| 4 | 0 |
| 5 | 1 |
| 6 | 1 |
| 7 | 0 |
| 8 | 1 |
| 9 | 1 |
| 10 | 1 |
| 11 | 1 |
| 12 | 1 |
| 13 | 1 |
| Grand Total | 10 |

A pesar de que en estos periodos no se le coloca pedido al proveedor las restricciones del modelo garantizan que se cumpla la demanda y se disminuya el riesgo de incurrir en los costos de escasez. Por lo cual la razón por la cual en estos periodos no se sugiere colocar un pedido de orden **EOQ** al proveedor es porque la cantidad de inventario inicial de ese periodo debe ser suficiente para suplir la demanda de ese mismo mes.

X_{ik} : Cantidad de unidades del producto i que se pedirá en el periodo k

Tal y como se describió anteriormente en la formulación del modelo, esta variable hace referencia al número de unidades que se le va a pedir al proveedor cada vez que a este le sea colocada una orden de compra.

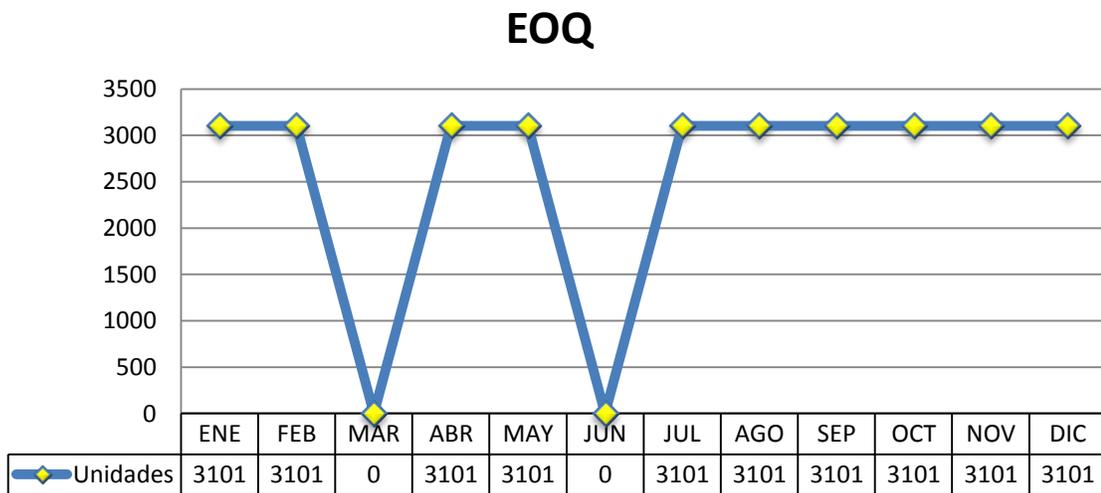


Ilustración 19. Gráfica del comportamiento del EOQ del modelo. Fuente: Autor

Debido a que la cantidad económica de pedido es fija y difiere para cada uno de los productos, la suma del **EOQ** de cada uno de los productos tiene que ser la misma cantidad en todos los periodos así como se aprecia en la gráfica del **EOQ**, donde se suman todas las cantidades económicas de pedido de todos los productos y así se compone el total.

En la siguiente tabla se encontrará el **EOQ** por cada uno de los productos que fueron objeto de estudio y además se encontrará en qué periodo es necesario realizar el pedido de esta cantidad. En los periodos dónde la variable toma un valor de cero, quiere decir que en ese periodo no se realiza ningún pedido de este producto.

Tabla 21. Resultados de la variable X del modelo. Fuente: Autor

| Variables | x | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sum of final producto | periodo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 0 | 31 | 31 | 0 | 31 | 31 | 0 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 3 | 0 | 15 | 15 | 0 | 15 | 15 | 0 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 9 | 0 | 67 | 67 | 0 | 67 | 67 | 0 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 | 67 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 12 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 13 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 14 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 15 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 78 | 78 | 0 | 78 | 78 | 0 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 25 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 26 | 0 | 7 | 7 | 0 | 7 | 7 | 0 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 27 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 28 | 0 | 30 | 30 | 0 | 30 | 30 | 0 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 29 | 0 | 126 | 126 | 0 | 126 | 126 | 0 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 |
| 30 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 31 | 0 | 66 | 66 | 0 | 66 | 66 | 0 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 |
| 32 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 33 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 34 | 0 | 216 | 216 | 0 | 216 | 216 | 0 | 216 | 216 | 216 | 216 | 216 | 216 | 216 |
| 35 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 36 | 0 | 96 | 96 | 0 | 96 | 96 | 0 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 |
| 37 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 38 | 0 | 13 | 13 | 0 | 13 | 13 | 0 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 39 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 40 | 0 | 407 | 407 | 0 | 407 | 407 | 0 | 407 | 407 | 407 | 407 | 407 | 407 | 407 |
| 41 | 0 | 13 | 13 | 0 | 13 | 13 | 0 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 42 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| 43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 44 | 0 | 13 | 13 | 0 | 13 | 13 | 0 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 45 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 46 | 0 | 17 | 17 | 0 | 17 | 17 | 0 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 16 |
| 47 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 49 | 0 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 50 | 0 | 125 | 125 | 0 | 125 | 125 | 0 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|
| 51 | 0 | 38 | 38 | 0 | 38 | 38 | 0 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| 52 | 0 | 11 | 11 | 0 | 11 | 11 | 0 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 53 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 54 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 55 | 0 | 16 | 16 | 0 | 16 | 16 | 0 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 56 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 57 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 58 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 59 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 60 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 61 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 62 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 63 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 64 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 65 | 0 | 45 | 45 | 0 | 45 | 45 | 0 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| 66 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 67 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 68 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 69 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 70 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 71 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 72 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 73 | 0 | 15 | 15 | 0 | 15 | 15 | 0 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 74 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 75 | 0 | 16 | 16 | 0 | 16 | 16 | 0 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 76 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 79 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 80 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 81 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 82 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 84 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 85 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 86 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 87 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 88 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 91 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 92 | 0 | 7 | 7 | 0 | 7 | 7 | 0 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 93 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 96 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 97 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| 98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 99 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 100 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 101 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 102 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 103 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 105 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 106 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 107 | 0 | 27 | 27 | 0 | 27 | 27 | 0 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| 108 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 109 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 110 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 111 | 0 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 112 | 0 | 18 | 18 | 0 | 18 | 18 | 0 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 113 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 114 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 115 | 0 | 20 | 20 | 0 | 20 | 20 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 116 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 117 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 118 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 119 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 121 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 122 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 123 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 124 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 126 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 127 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 128 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 129 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 130 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 131 | 0 | 89 | 89 | 0 | 89 | 89 | 0 | 89 | 89 | 89 | 89 | 89 | 89 |
| 132 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 133 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 134 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 136 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 137 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 138 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 139 | 0 | 20 | 20 | 0 | 20 | 20 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 142 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 143 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 144 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 145 | 0 | 27 | 27 | 0 | 27 | 27 | 0 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| 146 | 0 | 14 | 14 | 0 | 14 | 14 | 0 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 147 | 0 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 148 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 149 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 151 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 152 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 153 | 0 | 28 | 28 | 0 | 28 | 28 | 0 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 154 | 0 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| 155 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 156 | 0 | 15 | 15 | 0 | 15 | 15 | 0 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 157 | 0 | 142 | 142 | 0 | 142 | 142 | 0 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 |
| 158 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 159 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 160 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|
| 161 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 162 | 0 | 56 | 56 | 0 | 56 | 56 | 0 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 | 56 |
| 163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 164 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 165 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 166 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 167 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 168 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 170 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 171 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 172 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 173 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 174 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 176 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 177 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 178 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 180 | 0 | 7 | 7 | 0 | 7 | 7 | 0 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 181 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 182 | 0 | 15 | 15 | 0 | 15 | 15 | 0 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 183 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 184 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 185 | 0 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 186 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 187 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 188 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 189 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 190 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 191 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 192 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 193 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 194 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 195 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 196 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 197 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 198 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 199 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 201 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 202 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 203 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 204 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 205 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 206 | 0 | 13 | 13 | 0 | 13 | 13 | 0 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 207 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 208 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 209 | 0 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 210 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 211 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 212 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 0 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 213 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 0 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 214 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 215 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 216 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 217 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 218 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 219 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 220 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 221 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 222 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 223 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 224 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 225 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 226 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 227 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 228 | 0 | 7 | 7 | 0 | 7 | 7 | 0 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 229 | 0 | 285 | 285 | 0 | 285 | 285 | 0 | 285 | 285 | 285 | 285 | 285 | 285 |
| 230 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 231 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 232 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 233 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 234 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 235 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 236 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 237 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 238 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 239 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 240 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 241 | 0 | 49 | 49 | 0 | 49 | 49 | 0 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 |
| 242 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 243 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 244 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 245 | 0 | 111 | 111 | 0 | 111 | 111 | 0 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 |
| 246 | 0 | 124 | 124 | 0 | 124 | 124 | 0 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 |
| 247 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 248 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 249 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 250 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 251 | 0 | 26 | 26 | 0 | 26 | 26 | 0 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 252 | 0 | 48 | 48 | 0 | 48 | 48 | 0 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| 253 | 0 | 22 | 22 | 0 | 22 | 22 | 0 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 254 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 255 | 0 | 64 | 64 | 0 | 64 | 64 | 0 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 | 64 |
| 256 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

8. Implementación del modelo de inventario

“La implementación de la solución de un modelo validado implica la traducción de los resultados a instrucciones de operación emitidas en forma comprensible para las personas que administrarán al sistema recomendado. La carga de esta tarea la lleva principalmente el equipo de investigación de operaciones.”²³

De acuerdo con la definición de Taha acerca de la implementación de la solución de un modelo, es necesario que el autor diseñe una estrategia para poder implementar la solución y que esta sea fácil de comprender por las personas que administrarán este nuevo modelo. Esta estrategia debe ir alineada para que se puedan cumplir los objetivos del modelo y se respeten las restricciones para que este sea lo más funcional para la empresa y que sea posible ejecutarlo de una manera sencilla.

En los próximos puntos se explicará las nuevas políticas de inventario, se realizará el análisis de sensibilidad de las nuevas políticas y una comparación entre las políticas actuales como se manejan los inventarios en la empresa **CS ELECTRONICS S.A.S.** y las nuevas políticas que serán propuestas con la implementación del modelo.

8.1. Implementación de las políticas de inventario.

Las políticas del modelo de inventarios a implementar se basan en las diferentes variables de dicho modelo. Estas variables regirán de ahora en adelante la manera en la que se va a pedir el producto al proveedor, es decir, el momento en el que será necesario pedir al proveedor y la cantidad de producto que se va a solicitar.

En este paso el autor decide realizar un programa en *Microsoft Office Excel*[®] en el cual la persona encargada de realizar los pedidos sólo tenga que abrirlo y con dar Click en un botón puedan saber cuáles son las políticas de cada uno de los meses, en cuanto a cantidad y al momento en el cual se va a realizar el pedido. El proveedor de los departamentos de cables de la empresa **CS ELECTRONICS S.A.S.** se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá y cada vez que se realiza un pedido el proveedor tiene un lead time para con la empresa de máximo tres días hasta la ciudad de Cartagena.

²³ TAHA, HAMDY A. Investigación de operaciones. 7ª edición. México: Pearson Educación, 2004. Pág. 9

Con base en esta información, en cuanto a la pregunta ¿Cuándo pedir? Es sencillo, se ha determinado que se pida siempre a principios de cada mes ya que debido al poco tiempo de lead time es lo más práctico para estar preparado a la hora de suplir la demanda por parte del consumidor final.

El programa de cantidad de pedido que se diseñó para las personas encargadas de realizar los pedidos al proveedor de los departamentos de los productos estudiados, es básico ya que fue una macro programada en Excel donde el usuario al abrirlo entra a la siguiente interfaz (Ver Anexo 6):



Ilustración 20. Captura de pantalla del programa de cantidad de pedido. Fuente: Autor

Hace Click en el mes para el cual se va a realizar el pedido y este inmediatamente lo envía a donde se encuentra consolidada la información del mes, por ejemplo:

| Item | Referencia | Producto | Cantidad |
|------|------------|------------------------------|----------|
| 1 | 2X1-10M | CABLE 2X1 DE 10MTS | 3 |
| 2 | 2X18TR | CABLE POLARIZADO TRANSP 2X18 | 31 |
| 3 | 2X1GE | CABLE 2X1 GENERAL | 15 |
| 4 | 2X2PH | CABLE 2X2 RCA PHILIPS | - |
| 5 | 2X2RCA10M | CABLE RCA 2X2 10MTS | 2 |
| 6 | 2X2RCA15M | CABLE RCA 15 MTS | 3 |
| 7 | 3X3PHILIPS | CABLE 3X3 AUDIO/VIDEO | - |
| 8 | A6PR | CABLE RCA 2X2 MORADO | 10 |
| 9 | BMS2X2 | CABLE 2X2 AUDIO PIPE | 67 |
| 10 | BULK100 | CABLE GUITARRA PLU A PLUG | 0 |
| 11 | BULK120X3 | CABLE GUITARRA 3MTS ELE | 6 |
| 12 | BULK120X5 | CABLE GUITARRA 5MTS ELE | 3 |
| 13 | BULK250L | CABLE PROEL CANON CANON 1 MT | 3 |
| 14 | BULK540 | CABLE 2X1 PROEL | 2 |
| 15 | BULK545 | CABLE 2X2 PROEL | 1 |
| 16 | CA109 | CABLE 1X1 RCA | - |
| 17 | CA122 | CABLE 2X2 RCA | 78 |
| 18 | CA122ECO | CABLE 2X2 ECONOMICO | - |
| 19 | CA122X10 | CABLE 2X2 10MT | - |
| 20 | CA122X12 | CABLE RCA 2X2 12MTS | - |
| 21 | CA122X15 | CABLE 2X2 15MTS | 1 |
| 22 | CA122X5 | CABLE 2X2M 5MT | - |
| 23 | CA122X7 | CABLE 2X2 7MTS | 3 |
| 24 | CA1231 | CABLE AUDIO DE 2.5 A 3.5 | - |
| 25 | CA128 | CABLE RCA 2X2 8MTS | 2 |
| 26 | CA130 | CABLE AUDIFONO 3.5X3.5 | 7 |
| 27 | CA131 | CABLE UNO X UNO 1.8MTS | 4 |
| 28 | CA1311 | CABLES 3.5 COLORES 90 CM | 30 |
| 29 | CA132 | CABLE 1X1 1.8M | 126 |
| 30 | CA138 | CABLE 1X1 3.5 7.5MTS | 5 |



Ilustración 21. Captura de pantalla 2 del programa de cantidad de pedido. Fuente: Autor

En esta página de Excel se encuentra el número del ítem, la referencia, el producto y la cantidad que se debe solicitar al proveedor en el momento de realizar el pedido. Con esta información no se da cabida al error a la hora de hacer la solicitud de los productos.

Además se realizó un formato donde se ingresan mensualmente el número de unidades que fueron solicitadas de un producto en particular del que no se tenía inventario en el momento (escasez). Esto se realizó con el fin de poder evaluar los costos reales que fueron fruto de la implementación del modelo (Ver anexo 4).

8.2. Análisis de las políticas de inventario.

El análisis presentado a continuación fue realizado con el fin de evaluar el impacto del cambio de valor de cuatro de los parámetros sobre la función objetivo. “El análisis de sensibilidad es usado para determinar qué tan “sensible” es un modelo a los cambios de los parámetros del mismo y a los cambios en la estructura del modelo.”²⁴

²⁴ Breierova & Choudhari, (An Introduction to Sensitivity Analysis, September 6 – 1996.)

Los cambios en los parámetros de un modelo permiten simular diferentes escenarios para observar qué tan sensible es la solución del modelo frente a estos cambios. Para el modelo se definieron los siguientes cambios en los parámetros para su respectiva evaluación:

1. Aumentar el **EOQ** de todos los productos en una unidad
2. Aumentar el costo de mantener en un **10%**
3. Aumentar el costo unitario de los productos en un **10%**
4. Aumentar el costo de ordenar en 100.000 que representa aproximadamente un 30% extra

En el primer caso, se toma la cantidad económica de pedido para cada uno de los productos y se aumenta en una unidad. Al aumentar el **EOQ** de todos los productos en una unidad el modelo demora menos de 1 minuto en encontrar la solución óptima. Después de 44.064 iteraciones el modelo encuentra que el mínimo de los costos anuales es **\$296'895.928** como se observa en la ilustración.

```

Log Messages
Using DUAL simplex for phase 1 and PRIMAL simplex for phase 2.
The primal and dual simplex pricing strategy set to 'Devex'.

Relaxed solution      200998615 after      3994 iter is B&B base.

Feasible solution     296895928 after      8172 iter,          10 nodes (gap 47.7%)

Optimal solution      296895928 after     44064 iter,         246 nodes (gap 47.7%).
Excellent numeric accuracy ||*|| = 9.09495e-013

MEMO: lp solve version 5.5.2.0 for 32 bit OS, with 64 bit REAL variables.
<

```

| | | | | | |
|-------|------------|----------|----------|----------|------------|
| 56:28 | ITE: 44063 | IPS: 815 | INV: 814 | NOD: 245 | TME: 53.63 |
|-------|------------|----------|----------|----------|------------|

Ilustración 22. Caso 1 del análisis de sensibilidad. Fuente: Autor

Esta solución se encuentra un 24% por encima de la solución óptima del modelo (**\$239'089.081,483**).

En la segunda opción el parámetro a modificar es el costo de mantener. El procedimiento fue aumentar el costo de mantener en un 10% para cada uno de los productos. Esto se hizo de acuerdo a la clasificación que previamente se había establecido a cada producto. Una vez se

realizó el cambio sobre el valor del parámetro se ejecuta el modelo de tal manera que en casi 3 minutos y 139.814 iteraciones se obtiene un total de **\$255'613.679,298**

| Log | Messages |
|--|--|
| Feasible solution | 262413871.558 after 6277 iter, 12 nodes (gap 47.2%) |
| Improved solution | 262123843.457 after 7133 iter, 33 nodes (gap 47.0%) |
| Improved solution | 260259006.168 after 8252 iter, 49 nodes (gap 46.0%) |
| Improved solution | 259354655.987 after 12276 iter, 99 nodes (gap 45.5%) |
| Improved solution | 258465253.065 after 16108 iter, 138 nodes (gap 45.0%) |
| Improved solution | 257649352.697 after 29905 iter, 256 nodes (gap 44.5%) |
| Improved solution | 255613679.298 after 34899 iter, 290 nodes (gap 43.4%) |
| Optimal solution | 255613679.298 after 139814 iter, 1020 nodes (gap 43.4%). |
| Excellent numeric accuracy * = 1.81899e-012 | |
| 14:292 ITE: 139813 IPS: 907 INV: 1922 NOD: 1019 TME: 154.31 | |

Ilustración 23. Caso 2 del análisis de sensibilidad. Fuente: Autor

Este valor de la función objetivo está apenas un 7% por encima del valor de la solución del modelo en condiciones normales (**\$239'089.081,483**).

En el tercer escenario se realiza un cambio en el costo unitario. Se toma el costo unitario por cada referencia y se aumenta en un 10%. Luego se ingresan los datos en el modelo y nuevamente se corre el modelo. Después de correr el modelo se obtiene la solución óptima en casi 3 minutos y después de 157.801 iteraciones por un valor de **\$246'143.391,817**.

| Log | Messages |
|---|--|
| Feasible solution | 251958657.577 after 6367 iter, 12 nodes (gap 44.0%) |
| Improved solution | 251719881.375 after 7272 iter, 33 nodes (gap 43.9%) |
| Improved solution | 250089773.849 after 8557 iter, 51 nodes (gap 42.9%) |
| Improved solution | 249377360.857 after 12672 iter, 101 nodes (gap 42.5%) |
| Improved solution | 248515925.4 after 16601 iter, 142 nodes (gap 42.0%) |
| Improved solution | 247895953.183 after 30846 iter, 266 nodes (gap 41.7%) |
| Improved solution | 246143391.817 after 36271 iter, 302 nodes (gap 40.7%) |
| Optimal solution | 246143391.817 after 157801 iter, 1142 nodes (gap 40.7%). |
| Excellent numeric accuracy * = 8.52651e-013 | |
| 11:1068 ITE: 157800 IPS: 901 INV: 2136 NOD: 1141 TME: 174.91 | |

Ilustración 24. Caso 3 del análisis de sensibilidad. Fuente: Autor

Este escenario se encuentra un 3% por encima de la solución óptima del modelo tal y como fue ejecutado en primera instancia (**\$239'089.081,483**).

Por último, se modifica el parámetro que hace referencia al costo de ordenar. Este parámetro se aumenta en un valor de \$ 100.000 dejando así un total de costo de ordenar de \$430.000.

Después de ejecutar el modelo con esta modificación del parámetro, la solución óptima resulta después de 179 segundos y un total de 160.348 iteraciones con un valor de **\$240'089.081,483**

```

Log Messages
Feasible solution      246327871.017 after      6361 iter,          12 nodes (gap 46.0%)
Improved solution     245960345.158 after      7355 iter,          33 nodes (gap 45.8%)
Improved solution     244296085.722 after      8670 iter,          53 nodes (gap 44.8%)
Improved solution     243526198.497 after     12563 iter,         101 nodes (gap 44.4%)
Improved solution     242576751.65 after     16515 iter,         142 nodes (gap 43.8%)
Improved solution     241893002.8 after     30933 iter,         266 nodes (gap 43.4%)
Improved solution     240089081.483 after     36428 iter,         304 nodes (gap 42.3%)

Optimal solution      240089081.483 after     160348 iter,        1178 nodes (gap 42.3%) .
Excellent numeric accuracy ||*|| = 1.13687e-012
13:32      ITE: 160347      IPS: 890      INV: 2190      NOD: 1177      TME: 179.52

```

Ilustración 25. Caso 4 del análisis de sensibilidad. Fuente: Autor.

La variación porcentual entre esta solución y la solución en condiciones reales (**\$239'089.081,483**) es de 0.42%.

“El análisis de sensibilidad ayuda a construir confianza en el modelo por medio del estudio de incertidumbre que está frecuentemente asociada con parámetros en los modelos. Muchos parámetros en modelos de sistemas dinámicos representan cifras que son muy difíciles, o imposibles de medir con un alto grado de precisión en el mundo real. También, algunos parámetros puede que cambien sus valores en el mundo real”²⁵

En la tabla se resumen los valores de la función objetivo de acuerdo a los cambios realizados y también la respectiva variación con respecto al modelo en condiciones normales

Tabla 22. Resumen de los valores de la función objetivo. Fuente: Autor

| Función objetivo | Valor | Variación |
|-------------------------|----------------|------------------|
| Condiciones reales | \$ 239,089,081 | N/A |
| EOQ en una unidad | \$ 296,895,928 | 24% |
| Mantener 10% | \$ 255,613,679 | 7% |
| Costo unitario 10% | \$ 246,143,392 | 3% |
| Costo de ordenar 100k | \$ 240,089,081 | 0.42% |

²⁵ Breierova & Choudhari, (An Introduction to Sensitivity Analysis, September 6 – 1996.)

En esta tabla se puede contemplar la diferencia entre las variaciones con cada cambio. Hay parámetros cuya alteración no impacta de manera significativa sobre la función objetivo. Sin embargo es posible afirmar que el modelo es mucho más sensible a los cambios sobre el parámetro de la cantidad económica de pedido ya que al alterar los valores de este parámetro los cambios en la función objetivo son significativamente grandes.

8.3. Situación actual vs situación propuesta.

Actualmente **CS ELECTRONICS S.A.S.** no tiene políticas estructuradas que estén relacionadas con la demanda de los productos. En cierta manera se utiliza el método de estimado de la fuerza de ventas ya que el gerente de la empresa considera que los vendedores son quienes tienen contacto directo con los clientes y por lo tanto conocen sus necesidades. Esta metodología no es apropiado para esta empresa ya que el portafolio de productos es muy amplio por lo tanto la fuerza de ventas no es capaz de estimar con precisión la demanda de todos los productos ya que actualmente son 2225 referencias de producto y una fuerza de ventas no superior a cinco personas es imposible tener un estimado con un nivel alto de confiabilidad para abastecerse. Esto fue demostrado en el diagnóstico donde se observa un crecimiento sustancial en el nivel de inventario mientras que las ventas permanecen igual y en ocasiones disminuyen.

En la etapa de diagnóstico se hizo énfasis en que una de las amenazas era la competencia ya que han surgido muchos nuevos competidores y la mayoría vende sin factura por lo que no declaran IVA ante la DIAN y esto ha hecho que puedan además de invertir mayor cantidad de dinero en ampliar el portafolio de productos o simplemente se aumenta su utilidad neta al no pagar impuestos.

Tal y como se puede observar en la gráfica de ciclo de vida de producto se puede comparar este ciclo de vida con el ciclo de vida de las empresas y en este caso con el ciclo de vida de **CS ELECTRONICS S.A.S.**

CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

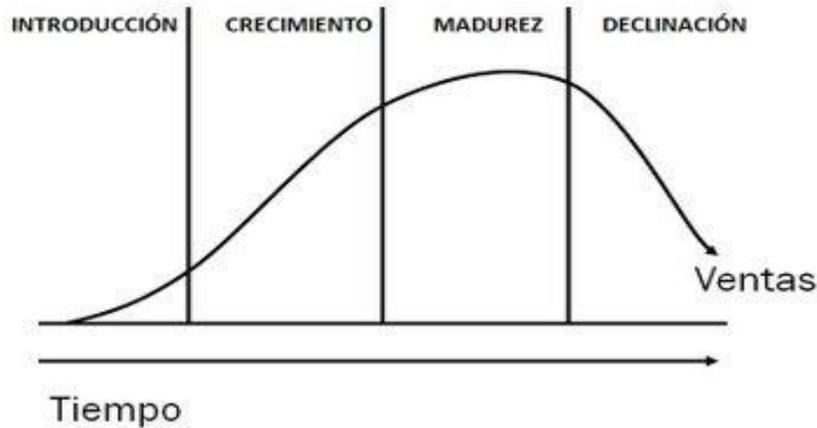


Ilustración 26. Curva de ciclo de vida del producto. Fuente: Autor

Fuente: <http://mercadeoypublicidad.com/Secciones/Biblioteca/DetalleBiblioteca.php?recordID=6410>

CS ELECTRONICS S.A.S. lleva más de 30 años en el Mercado, por lo tanto ya ha pasado las etapas de introducción, crecimiento y madurez. Sin embargo debido al crecimiento constante de la competencia y a las actualizaciones tecnológicas del día a día, la compañía se ha visto afectada de manera significativa ya que es una empresa que se encarga de distribuir artículos electrónicos.

Tal y como en la curva del ciclo de vida de un producto, en la etapa de madurez se toman medidas para que el producto no caiga en declive y la curva siga constante en la etapa de madurez o se incremente y nuevamente se repita el ciclo desde la etapa de introducción, así mismo se debe realizar en el ciclo de vida de esta empresa. Entonces es pertinente realizar la pregunta, ¿Cómo hacer para que la empresa pase de la etapa de madurez a repetir el ciclo desde la etapa de introducción?

La respuesta a esta pregunta es **la innovación**. Una vez nos encontremos en la etapa de madurez es necesario innovar para poder repetir el ciclo y de esta manera no caer en declive. En un tipo de industria tan cambiante como lo es la tecnología es básico innovar y por esto es que todos los días vemos cómo cambia la tecnología y día a día aparecen nuevos y nuevos productos.

CS ELECTRONICS S.A.S. está innovando al aplicar un modelo de programación lineal dentro de su portafolio de productos y estas nuevas políticas de inventario que se convierten en una ventaja competitiva frente al mercado ya que los competidores no se han percatado del impacto que tiene el control de inventarios dentro de una organización.

9. Evaluación financiera

Para evaluar financieramente el impacto de la implementación de esta propuesta se utilizaron varios escenarios donde se tomaron los flujos de efectivo y se traían a valor presente para su posterior análisis. Si bien es cierto los resultados del modelo arrojan un valor simulado bajo condiciones que guarden el mayor parecido con la realidad de la empresa más sin embargo estos resultados pueden variar en el mundo real a la hora de la implementación.

En particular en este proceso de implementación del modelo en la empresa era muy posible que cambiaran, ya que el modelo está basado en pronósticos de demanda y estos a su vez poseen cierto porcentaje de desviación donde se contemplan los cambios que puede haber en la realidad.

Los escenarios que se evaluaron fueron los resultados reales de la implementación en el primer trimestre de 2014 vs los resultados del primer trimestre de 2014. También se evaluaron los flujos de efectivo con respecto a los resultados que arrojó el modelo de programación.

Además como flujo negativo al inicio de los periodos fue tomada la inversión realizada en los recursos necesarios para poder diseñar, desarrollar e implementar la propuesta de mejora. Estos recursos fueron establecidos en el proyecto de grado de la siguiente manera.

Tabla 23. Cuadro resumen de los recursos empleados para el desarrollo del proyecto. Fuente: Autor

| RECURSOS | | | | | | |
|--|--------------------------------|--|------------|--|-------------------------------|---|
| Elementos técnicos | | Elementos financieros | | Elementos Humanos | | |
| Herramientas informáticas (Microsoft Office 2010, Computador Portátil, internet, Lp Solve IDE versión 5.5.0.5.) | Ensayos, artículos científicos | Libros de consulta de las temáticas | | Estudiante de Ingeniería Industrial (autor). | Director de trabajo de grado. | Personal de CS ELECTRONICS S.A.S. Todo empleado que esté relacionado de alguna manera con los parámetros y variables del modelo. |
| | | 1 tiquetes terrestres (Bogotá - Cartagena) | \$ 125.000 | | | |
| | | 1 tiquetes terrestres (Cartagena-Bogotá) | \$ 125.000 | | | |
| | | Alimentación en Cartagena | \$ 450.000 | | | |
| | | Impresión y copias. | \$ 200.000 | | | |
| Total | \$ 900.000 | | | | | |

Los indicadores utilizados para la evaluación financiera fueron los siguientes:

Valor Presente Neto (VPN): “Valor presente o descontado es el que representa el importe actual de las entradas o salidas netas en efectivo, o en su equivalente, que generaría un activo o un pasivo, una vez hecho el descuento de su valor futuro a la tasa pactada o, a falta de ésta, a la tasa efectiva promedio de captación de los bancos y corporaciones financieras para la expedición de certificados de depósito a término con un plazo de 90 días (DTF), la cual es certificada periódicamente por el Banco de la República.”²⁶

Por lo tanto para la evaluación financiera se tomó una tasa que igual al DTF más 15 puntos porcentuales. El valor del DTF es 3.81%²⁷, es decir que en total la tasa sería de 3.96%.

Tasa interna de retorno (TIR): Es la tasa de descuento que hace que el VPN de los flujos de efectivo para una inversión sea cero.

Relación Costo/beneficio: Hace referencia a qué valor se recibe a cambio por cada peso invertido.

Tiempo de retorno de la inversión (TRI): Hace referencia a en qué punto de la línea temporal se recupera la inversión realizada para cierto proyecto.

Los escenarios estudiados se presentan enseguida:

9.1. Análisis de los flujos de efectivo e indicadores financieros

1. El primer escenario a evaluar es la proyección de los resultados del modelo a un año. Previamente se hizo énfasis en que los resultados del modelo pueden variar de la realidad con cierto porcentaje de error. Una vez fueron proyectados los resultados a un año se compararon con los valores reales del año anterior periodo a periodo.

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento del costo de inventario mes a mes con respecto al año anterior. En el mes de Febrero de 2014 se puede evidenciar que existe un pico en el costo de los inventarios y que este pico es mayor que en los otros meses del mismo año y a la vez mayor que cualquier otro valor del año anterior. Sin embargo a medida que pasan los periodos es posible afirmar que se ven los efectos del modelo ya que el costo de inventario se reduce sustancialmente con respecto al año anterior. La tendencia de la gráfica de costos proyectados por el modelo es decreciente a lo largo del año.

²⁶ LEGIS EDITORES S.A., PUC 2011, Bogotá 2011.

²⁷ Indicadores económicos. [En línea].

<http://www.dane.gov.co/index.php/indicadores-economicos-new>[Citado abril de 2014]

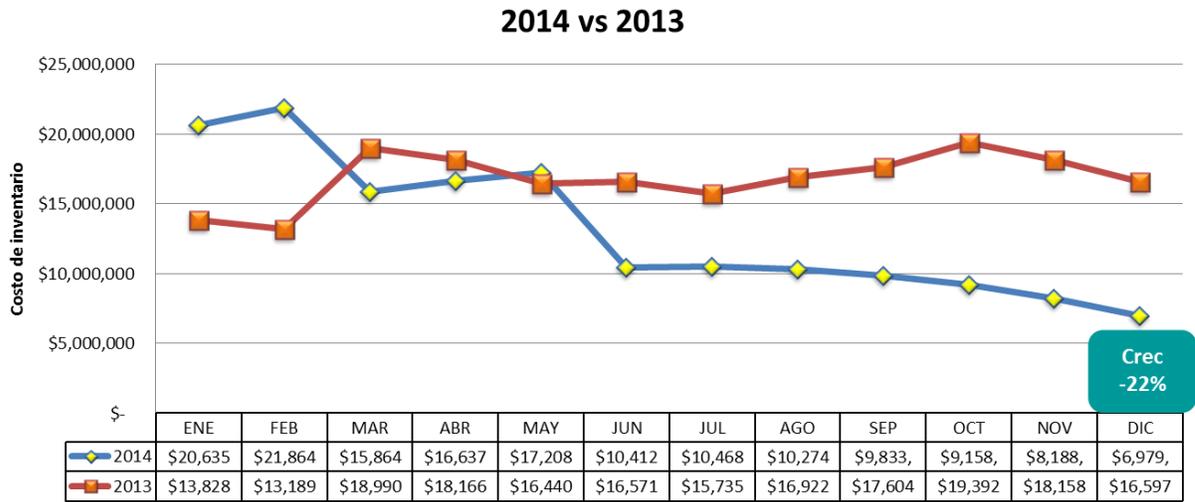
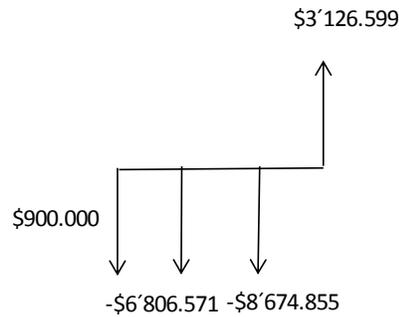


Ilustración 27. Gráfico de resultados del modelo 2014 vs real año 2013. Fuente: Autor

En esta gráfica se puede apreciar que a medida que en el año anterior el valor de los costos era muy similar con un promedio de \$16.799.821 mientras que en el año proyectado los costos van disminuyendo paulatinamente. En total el costo anual decrece en un 22% del valor del año anterior frente a lo proyectado.



| Periodos | Flujos de efectivo |
|----------|--------------------|
| 0 | -\$ 900,000 |
| 1 | -\$ 6,806,571 |
| 2 | -\$ 8,674,855 |
| 3 | \$ 3,126,599 |
| 4 | \$ 1,528,398 |
| 5 | -\$ 767,510 |
| 6 | \$ 6,158,881 |
| 7 | \$ 5,266,399 |
| 8 | \$ 6,648,357 |
| 9 | \$ 7,771,372 |
| 10 | \$ 10,233,510 |
| 11 | \$ 9,969,519 |
| 12 | \$ 9,618,292 |

| Tasa DTF + 15pp | TIR | VPN | B/C | TRI meses |
|-----------------|-----|---------------|-------|-----------|
| 3.96% | 20% | \$ 25,690,238 | 48.97 | 8.00 |

Ilustración 28. Análisis financiero 1. Fuente: Autor

En condiciones ideales, en las que los resultados del modelo y los resultados reales fueran iguales el beneficio financiero de la implementación sería extremadamente significativo.

Por lo tanto el valor de los indicadores para este escenario es el siguiente:

VPN: \$32.366.958

TIR: 408%

TRI: 0.25 meses

B/C: 48.97

Con estos resultados se podría decir que en condiciones ideales el proyecto tendría un efecto significativo en la empresa ya que por cada peso que la empresa invirtió en este proyecto a la fecha

recibirá 48.97 pesos de utilidad que con una tasa de descuento de 3,96% tiene un valor presente neto de \$32.366.958 pesos. Con una tasa interna de retorno de 408% y un tiempo de retorno de inversión inferior a un mes.

2. Tal y como se explicó previamente los resultados del modelo y los resultados de la implementación fueron diferentes. Por lo tanto en esta segunda instancia se hará una comparación entre la situación real de la implementación en el primer trimestre de este año contra el comportamiento de los costos de inventario del mismo periodo del año anterior.

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento del costo de inventario mes a mes con respecto al año anterior. En el mes de Enero de 2014 se puede evidenciar que existe un pico en el costo de los inventarios y que este pico fue mayor que en los otros meses del trimestre del mismo año y a la vez mayor del trimestre del año anterior. Sin embargo a medida que pasan los periodos es posible afirmar que se ven los efectos del modelo ya que el costo de inventario se reduce sustancialmente con respecto al año anterior. En el mes de Febrero los costos de inventario fueron mucho menos de la mitad de lo que fueron los mismos costos en este mes del año anterior y también existe una reducción con respecto a marzo del año anterior.

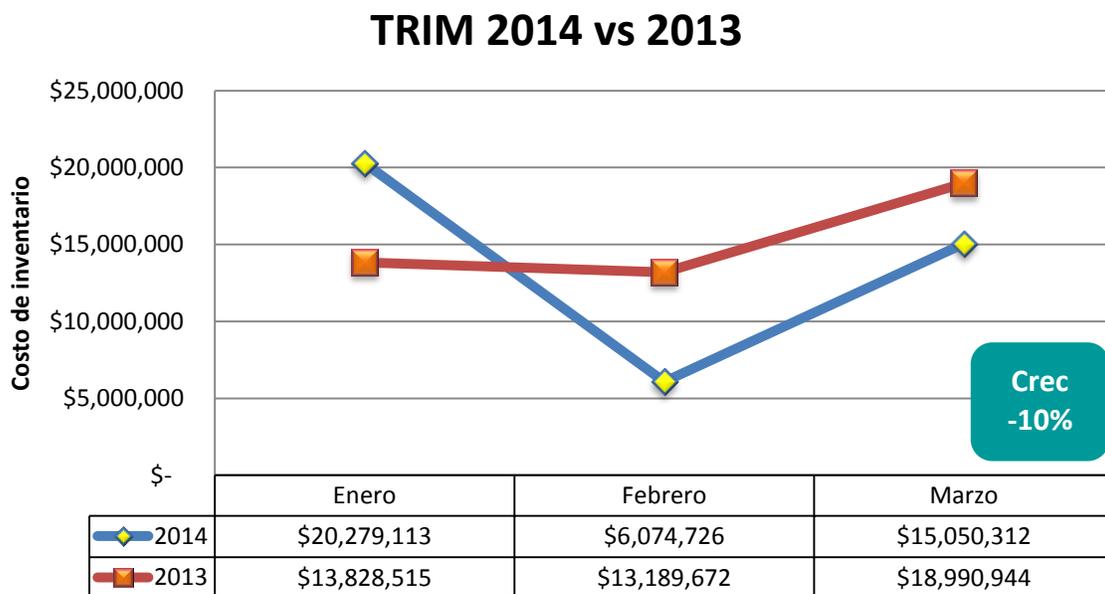


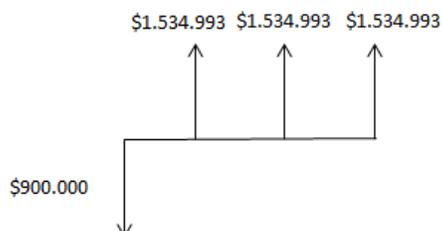
Ilustración 29. Gráfico de resultados de la implementación 2014 vs año 2013. Fuente: Autor

En la realidad, la evaluación del trimestre nos da como solución que los costos de inventario decrecen en un 10%. Por lo tanto el modelo cumple con la ejecución de la función objetivo que era reducir los costos de inventario.

Tabla 24. Resumen de resultados trimestres 2014 y 2013. Fuente: Autor

| | Enero | Febrero | Marzo | Total | Crecimiento |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| 2014 | \$ 20,279,113 | \$ 6,074,726 | \$ 15,050,312 | \$ 41,404,151 | -10% |
| 2013 | \$ 13,828,515 | \$ 13,189,672 | \$ 18,990,944 | \$ 46,009,131 | |

Primero se restaron el valor total del 2014 y se restó al valor total del 2013, así se obtuvo el ahorro total del trimestre y luego se dividió entre tres para obtener el promedio de ahorro mensual y así tener los flujos positivos. Este valor de ahorro en promedio mensual del primer trimestre es **\$1.534.993**. De tal manera que la gráfica de flujos de efectivo quedaría con la inversión de \$900.000 y los flujos positivos por un valor de \$1.534.993:



| Periodos | Flujos de efectivo |
|----------|--------------------|
| 0 | -\$ 900,000 |
| 1 | \$ 1,534,993 |
| 2 | \$ 1,534,993 |
| 3 | \$ 1,534,993 |

| Tasa DTF + 15pp | TIR | VPN | B/C | TRI meses |
|-----------------|------|--------------|------|-----------|
| 3.96% | 161% | \$ 3,234,881 | 5.12 | 0.59 |

Ilustración 30. Análisis financiero 2. Fuente: Autor

Por lo tanto el valor de los indicadores para este escenario es el siguiente:

VPN: \$3.234.881

TIR: 161%

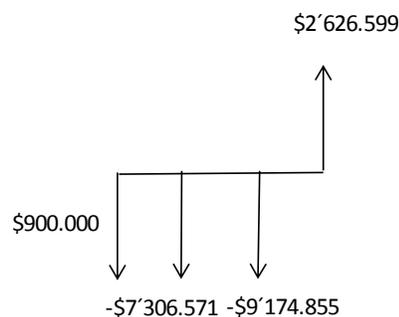
TRI: 0.59 meses

B/C: 5.12

Se puede afirmar que el proyecto ha tenido un efecto positivamente significativo en la empresa ya que por cada peso que la empresa invirtió en este proyecto a la fecha ha recibido 5.12 pesos de utilidad que con una tasa de descuento de 3,96% tiene un valor presente neto de \$3.234.881 pesos. Con una tasa interna de retorno de 161% y un tiempo de retorno de inversión inferior a un mes.

Continuidad del modelo

Para darle continuidad al modelo es necesario que una persona sea responsable de correr el modelo e irlo actualizando mes a mes. Debido a la complejidad del modelo, la propuesta es que la persona encargada del modelo sea un estudiante de ingeniería industrial de último semestre quien pueda llevar control y ejercer las funciones necesarias por 4 horas semanales (16 horas/mes) que garanticen la continuidad del modelo. Actualmente un practicante gana en promedio un millón de pesos por lo tanto se propone contratar los servicios de un estudiante de Ingeniería Industrial de último o penúltimo semestre por 16 horas mensuales por \$ 500.000 pesos para dar continuidad al modelo.



| Periodos | Flujos de efectivo |
|----------|--------------------|
| 0 | -\$ 900,000 |
| 1 | -\$ 7,306,571 |
| 2 | -\$ 9,174,855 |
| 3 | \$ 2,626,599 |
| 4 | \$ 1,028,398 |
| 5 | -\$ 1,267,510 |
| 6 | \$ 5,658,881 |
| 7 | \$ 4,766,399 |
| 8 | \$ 6,148,357 |
| 9 | \$ 7,271,372 |
| 10 | \$ 9,733,510 |
| 11 | \$ 9,469,519 |
| 12 | \$ 9,118,292 |

| Tasa DTF + 15pp | TIR | VPN | B/C | TRI meses |
|-----------------|-----|---------------|-------|-----------|
| 3.96% | 17% | \$ 21,165,953 | 42.30 | 8.00 |

Ilustración 31. Continuidad del modelo Fuente: el autor

Por lo tanto el valor de los indicadores para este escenario es el siguiente:

VPN: \$21.165.953

TIR: 17%

TRI: 8 meses

B/C: 42.3

Con estos resultados es económicamente viable contratar los servicios de un externo para dar continuidad al modelo. La relación costo beneficio disminuiría 6 pesos y permite que sea muy rentable la inversión con un tiempo de retorno de 8 meses.

10. Conclusiones

- De acuerdo con el análisis de los diagramas de Pareto de las líneas de producto se identificó que en el diagrama final, la línea de cables que representa el 33% de las líneas de producto es responsable del 61% de los costos de inventario en la empresa. Dentro de esta línea de productos se identificó que 3 departamentos equivalen al 20% de los departamentos de esta línea y representan el 64% de los costos de inventario dentro de la misma. Por consiguiente los esfuerzos deben centrarse en estos tres departamentos o familias de productos para que sean objeto de la minimización del costo total de inventarios de la empresa.
- Esta metodología propia de la ingeniería industrial, desde el estudio de pronósticos de demanda y en conjunto con la programación lineal, permitió encontrar un punto óptimo por medio de un modelo que mejora el proceso de abastecimiento en la cadena de suministros. En condiciones ideales, es decir, que no existiera desviación entre los pronósticos frente a los datos reales, el valor total de los costos se reduciría en un 22% anual con respecto al 2013 mientras que mediante la implementación del modelo (condiciones reales) se logró reducir los costos de inventario en un 10% sólo en el primer trimestre de implementación con respecto al mismo periodo del año anterior.
- El impacto del modelo de programación lineal se debe medir de acuerdo al enfoque que se le ha otorgado, ya que este enfoque permitió obtener una cadena de beneficios. Con la implementación se obtuvo beneficios en la reducción del costo del inventario en términos monetarios y de unidades, al optimizar el nivel de inventario aumenta la rotación de productos ya que las unidades disminuyen casi al mismo nivel de la demanda pronosticada. Esta reducción de costos de inventarios inmediatamente hace que aumente la liquidez de la empresa gracias al ahorro obtenido utilizando las políticas de inventario propuestas.
- El análisis financiero demuestra el impacto de la investigación de operaciones a través de metodologías cuantitativas sobre la logística en una compañía. Las políticas de inventario actuales permitieron recuperar la inversión en menos de un mes y obtener una rentabilidad 5 veces más grande por cada peso invertido teniendo en cuenta que el costo de la inversión fueron los recursos utilizados para la realización del proyecto.

11. Recomendaciones

- Cada 6 meses realizar una nueva matriz de priorización de los pronósticos para estudiar la nueva tendencia de los datos y evaluar si la metodología de pronósticos de demanda seleccionada sigue siendo la más apropiada.
- A medida que pasa el tiempo es necesario ir ajustando el modelo de programación lineal por medio de la inclusión de los nuevos datos de demanda en los pronósticos bien sea el mismo tipo de pronósticos utilizados o uno nuevo.
- Establecer procesos de monitoreo por medio de indicadores financieros como la prueba ácida (capacidad para cubrir los pasivos a corto plazo) y la rotación de inventarios. Ya que hoy en día no se lleva control alguno por medio de ningún indicador.
- Implementar diferentes estrategias comerciales para aumentar la rotación del producto al consumidor final tales como exhibiciones, descuentos por compras, eventos especiales, negociaciones, publicidad entre otros, ya que hoy en día la empresa no cuenta con estas estrategias que podrían aumentar las ganancias.
- Ampliar el número de productos que fueron incluidos en el modelo hasta que este rija todas las familias de producto y así tener un control de inventarios eficiente.
- Evaluar financieramente la posibilidad de invertir el dinero de ahorro en estudios de control de otros procesos de la empresa.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. BALLOU, RONALD H. Logística, administración de la cadena de suministro. 5ª edición. México: Pearson Educación, 2004
2. BELTRÁN JARAMILLO, Jesús Mauricio. Indicadores de gestión herramientas para lograr la competitividad. Bogotá; 3R Editores. 2ª edición.
3. GARCÍA, OSCAR. Administración financiera. 4ª edición. Prensa moderna impresores.
4. GUERRERO SALAS, Humberto Inventarios manejo y control, Bogotá *Gerencia Estratégica*; Bogotá: Panamericana Editorial Ltda., 1998.
5. HILLIER y LIEBERMAN. Introducción a la Investigación de Operaciones. México: McGraw Hill, 7ª. Edición, 2002.
6. NIEBEL, Benjamín & FREIVALDS, Andris. Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño de trabajo. 11ª edición. Editorial AlfaOmega
7. LEGIS EDITORES S.A., PUC 2011, Bogotá 2011.
8. RARDIN, R.L. *Optimization in Operations Research*. New Jersey: Prentice Hall, 1998.
9. SERNA, HUMBERTO. *Gerencia Estratégica*; Bogotá: Panamericana Editorial Ltda., 1998.pag
10. SUNIL CHOPRA, PETER MEINDL. Administración de la cadena de suministro. 3ª edición. México: Pearson Educación, 2008. P. 3.
11. TAHA, HAMDY A. Investigación de operaciones. 7ª edición. México: Pearson Educación, 2004.
12. PORTAFOLIO. Creación neta de empleo es muy baja en Colombia. [En línea]. <http://www.portafolio.co/detalle_archivo/DR-73759> [Citado marzo de 2013].
13. PORTAFOLIO. Microempresas y microcrédito. [En línea]. <http://www.portafolio.co/detalle_archivo/MAM-1845241>[Citado marzo de 2013].
14. TLC. Desarrollo de microempresarios. [En línea]. <<http://www.tlc.gov.co/publicaciones.php?id=11329&dPrint=1>>[Citado marzo de 2013].

15. Science of better [En línea].
http://www.theorsociety.com/Science_of_Better/htdocs/prospect/index.asp [Citado enero de 2014]
16. Decreto 3019. [En línea].
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=7321> [Citado abril de 2014]
17. Inmobiliaria Cartagena locales comerciales. [En línea]. <http://www.inmobiliariacartagena.com>
[Citado abril de 2014]
18. Construcción de modelos de programación lineal. [En línea].
<http://italica.us.es/asignaturas/Exámenes/Construcci%C3%B3n%20de%20modelos%20de%20PL.pdf> [Citado abril de 2014]
19. Breierova & Choudhari, (An Introduction to Sensitivity Analysis, September 6 – 1996.)
20. Indicadores económicos. [En línea].
<http://www.dane.gov.co/index.php/indicadores-economicos-new> [Citado abril de 2014]
21. Indicadores económicos. [En línea].
<http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/paginas/bie.pdf> [Citado abril de 2014]

13. Anexos

13.1. Anexo 1

| Producto | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Costo Unitario | Precio de venta | Costo de Op | Costo de Mantener | Inventario Inicial | |
|-------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|----------------|-----------------|-------------|-------------------|--------------------|---|
| CABLE 2X1 DE 10MTS | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5510 | 10345 | 4835 | 3596 | 0 | |
| CABLE POLARIZADO TRANSP 2X18 | 22 | 23 | 24 | 25 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 34 | 35 | 288 | 517 | 234 | 2697 | 26 | |
| CABLE 2X3 GENERAL | 9 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 2155 | 15765 | 13610 | 360 | 1 | |
| CABLE 2X2 RCA PHILIPS | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 1552 | 15517 | 13865 | 360 | 62 | |
| CABLE RCA 2X2 10MTS | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 8170 | 12931 | 4761 | 3596 | 2 | |
| CABLE RCA 15 MTS | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 10925 | 16863 | 5938 | 3596 | 1 | |
| CABLE 3X3 AUDIO/VIDEO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1293 | 7731 | 6438 | 360 | 0 | |
| CABLE RCA 2X2 MORADO | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 13 | 1293 | 6910 | 5617 | 360 | 34 | |
| CABLE 2X2 AUDIO PIPE | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 54 | 58 | 62 | 66 | 69 | 73 | 77 | 2800 | 4321 | 1521 | 360 | 3 | |
| CABLE GUITARRA PLU A PLUG | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 15000 | 10109 | 16059 | 360 | 9 | |
| CABLE GUITARRA 3MTS ELE | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 8100 | 12135 | 4435 | 2697 | 0 | |
| CABLE GUITARRA 3MTS ELE | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 9900 | 15345 | 5445 | 2697 | 3 | |
| CABLE PROEL CANON CANON 1 MT | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 6400 | 10345 | 3945 | 360 | 0 | |
| CABLE 2X1 PHOEL | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 6600 | 9483 | 2883 | 360 | 0 | |
| CABLE 2X2 PHOEL | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 7800 | 12069 | 4269 | 360 | 6 | |
| CABLE 1X1 RCA | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 1350 | 2155 | 805 | 360 | 180 | |
| CABLE 2X2 RCA | 98 | 94 | 89 | 85 | 81 | 77 | 73 | 69 | 65 | 61 | 57 | 52 | 1311 | 2535 | 1224 | 360 | 214 | |
| CABLE 2X2 ECONOMICO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 819 | 1121 | 302 | 360 | 39 | |
| CABLE 2X2 10MT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8000 | 12931 | 4931 | 3596 | 0 | |
| CABLE RCA 2X2 12MTS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11880 | 18966 | 7086 | 3596 | 0 | |
| CABLE 2X2 15MTS | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12300 | 18966 | 6666 | 3596 | 0 | |
| CABLE 2X2M 5MT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3614 | 6034 | 2420 | 2697 | 17 | |
| CABLE 2X2 7MTS | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5400 | 9483 | 4083 | 2697 | 1 | |
| CABLE AUDIO DE 2.5 A 3.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 800 | 2586 | 1786 | 360 | 1 | |
| CABLE RCA 2X2 10MTS | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 8505 | 8505 | 3555 | 2697 | 6 | |
| CABLE AUDIFONO 3.5X3.5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 950 | 1724 | 774 | 2697 | 7 | |
| CABLE UNO X UNO 1.8MTS | 10 | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 23 | 720 | 2155 | 1435 | 360 | 162 | |
| CABLE 3.5 CABLES 90 CM | 16 | 18 | 19 | 21 | 22 | 23 | 25 | 26 | 28 | 30 | 32 | 35 | 1420 | 2155 | 755 | 360 | 60 | |
| CABLE 1X1 1.8M | 92 | 90 | 98 | 107 | 115 | 123 | 131 | 140 | 148 | 156 | 165 | 173 | 950 | 2175 | 1225 | 360 | 264 | |
| CABLE 1X1 3.5 7.5MTS | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 2500 | 5626 | 3126 | 2697 | 0 | |
| CABLE 2PLUG RCA X2 1.8MTS | 35 | 38 | 42 | 46 | 49 | 53 | 57 | 60 | 64 | 68 | 71 | 75 | 1739 | 3978 | 2239 | 360 | 2 | |
| CABLE 2 RCA X 2 1.6MTS | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 6 | 3818 | 2186 | 2697 | 2 | |
| CABLE 2 RCA X2 4.5MTS | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2000 | 4310 | 2310 | 2697 | 13 | |
| CABLE 2X1 DE 1.8 MTS | 118 | 131 | 145 | 158 | 172 | 185 | 199 | 212 | 226 | 239 | 253 | 266 | 1350 | 2622 | 1272 | 360 | 144 | |
| CABLE DE PODER 2.5 MTS | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 2500 | 6534 | 2697 | 9 | |
| CABLE 2 RCA A 2 PLUG | 74 | 78 | 83 | 87 | 92 | 96 | 101 | 105 | 110 | 114 | 119 | 123 | 2731 | 4345 | 3414 | 360 | 224 | |
| CABLE PLUG 6.3 A 3.5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 1500 | 2586 | 1086 | 2697 | 4 | |
| CABLE AUDIO 3.5 A 2 DE 3/4 | 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 16 | 2275 | 3448 | 1173 | 2697 | 14 | |
| CABLE 2 RCA A MICRO 1/4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 2200 | 3664 | 1464 | 2697 | 2 | |
| CABLE 2X1 TRANSP 1.80M | 401 | 315 | 328 | 342 | 356 | 370 | 384 | 398 | 412 | 426 | 440 | 454 | 1493 | 3360 | 1867 | 360 | 455 | |
| CABLE 2 RCA 3JACK 3.5 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 3500 | 4758 | 1258 | 2697 | 13 | |
| EXTENSION AUDIFONO | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1500 | 3448 | 1948 | 360 | 8 | |
| CABLE 1 PLUG 3.5 A 3 JACK 3.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3100 | 5172 | 2072 | 2697 | 1 | |
| EXTENSION DE AUDIFONO 3MT | 10 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 1552 | 7759 | 6207 | 2697 | 47 | |
| EXTENSION DE AUDIFONO | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 1311 | 2586 | 1275 | 360 | 32 | |
| CABLE 2X1 DE 7.5 10MTS | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 3990 | 9502 | 5512 | 2697 | 2 | |
| CABLE 2X1 DE 12MTS | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 9300 | 14655 | 5355 | 3596 | 0 | |
| CABLE DE 3 RCA A 3.5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2200 | 3448 | 1248 | 2697 | 11 | |
| CABLE DE 3 RCA A 3.5 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 2400 | 3948 | 1548 | 2697 | 5 | |
| CABLE 3X3 DE 1.8MTS | 84 | 87 | 90 | 93 | 96 | 100 | 103 | 106 | 109 | 112 | 116 | 119 | 3239 | 5955 | 2716 | 360 | 52 | |
| CABLE 3X3 DE 1.8MTS | 22 | 25 | 27 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 3239 | 5955 | 2716 | 360 | 52 | |
| CABLE 3X3 3MTS | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 18 | 19 | 20 | 4403 | 8759 | 4356 | 2697 | 7 | |
| CABLE 3X3 DE 7.5MTS | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 8200 | 12069 | 3869 | 2697 | 5 | |
| CABLE VIDEO JUEGOS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4300 | 6779 | 2479 | 2697 | 2 | |
| CABLE DUBIN 3X3 | 41 | 35 | 29 | 23 | 17 | 11 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1085 | 3105 | 2020 | 2697 | 91 | |
| CABLE 3X3 AUDIO V VIDEO | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2200 | 3233 | 1033 | 2697 | 0 | |
| CABLE 3X3 VIDEO COMP | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2700 | 4138 | 1438 | 360 | 4 | |
| CABLE SUPER VIDEO 4P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1550 | 2586 | 1036 | 2697 | 4 | |
| CABLE RCA A SUPER VIDEO 7P | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1500 | 2586 | 1086 | 3596 | 3 | |
| CABLE IMPRESORA 29X36 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3500 | 6034 | 2534 | 2697 | 3 | |
| CABLE IMPRESORA DB25-36 3MTS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4700 | 7328 | 2628 | 2697 | 1 | |
| CABLE DB25 MM | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3500 | 5472 | 1972 | 360 | 3 | |
| EXTENSION DB25M A HEMBRA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4100 | 6491 | 2391 | 2697 | 1 | |
| CABLE DB9M H | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2200 | 3448 | 1248 | 2697 | 5 | |
| CABLE VGA 1.8MT | 27 | 30 | 32 | 35 | 37 | 40 | 42 | 45 | 47 | 50 | 52 | 54 | 3800 | 5603 | 1803 | 360 | 46 | |
| CABLE VGA 1.8 M CON FILTRO | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8800 | 2587 | 3787 | 360 | 1 | |
| CABLE VGA X 3MT | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4602 | 7636 | 3033 | 0 | 29 | |
| CABLE VGA X 7.5MT | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7900 | 10776 | 3776 | 2697 | 20 | |
| CABLE VGA X 10MT | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 11700 | 18621 | 6921 | 3596 | 6 | |
| CABLE VGA X 15MT | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 16080 | 24000 | 8920 | 3596 | 0 | |
| CABLE VGA 20 MTS | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 22000 | 36207 | 14207 | 3596 | 6 | |
| CABLE VGA 30MTS | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 36500 | 56449 | 19949 | 3596 | 0 | |
| CABLE CON PLUG DC | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 20 | 2724 | 4310 | 1586 | 2697 | 34 | |
| CABLE CON PLUG DC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1517 | 2531 | 1414 | 2697 | 18 | |
| CABLE PLUG DC | 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 17 | 3814 | 7224 | 3411 | 2697 | 0 | |
| CABLE CON PLUG DC | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1517 | 2931 | 1414 | 2697 | 18 | |
| CABLES DE DATOS COLORES | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4500 | 6897 | 2397 | 2697 | 5 | |
| CABLE USB | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 2800 | 2457 | 406 | 360 | 110 | |
| CABLE MICRO USB | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 2800 | 4310 | 1510 | 360 | 0 | |
| CABLE USB | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 2862 | 2457 | 406 | 360 | 110 | |
| CABLE USB A MINI USB | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 1722 | 3362 | 1640 | 360 | 22 | |
| CABLE ZUSB A MINI USB | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3500 | 5603 | 2103 | 360 | 2 | |
| CABLE USB A CONECTOR GALAXY | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3400 | 5000 | 1800 | 360 | 5 | |
| CABLE PARA IPAD | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 3300 | 6207 | 2907 | 360 | 0 | |
| CABLE MINI USB A 3.5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1200 | 3448 | 2248 | 360 | 7 | |
| CABLE LUMINOSO 90 CM | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 9500 | 14655 | 5355 | 360 | 0 |
| CABLE DE DATOS | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 12000 | 18966 | 6966 | 360 | 8 | |
| CABLE DATOS | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 8500 | 13362 | 4862 | 360 | 4 | |
| CABLE DE DATOS | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-------|-------|-------|------|------|
| CABLE UNO X UNO | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1376 | 2371 | 994 | 360 | 17 |
| CABLE UNO X UNO | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1376 | 2371 | 994 | 360 | 17 |
| CANON MACHO X 1/4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2850 | 4741 | 1891 | 360 | 1 |
| CABLE CONVERTIDOR IPHONE 4-5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15000 | 23276 | 8276 | 360 | 4 |
| CABLE VARIOS PLUG DC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1500 | 3017 | 1517 | 360 | 8 |
| CABLE CON PLUG DC | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1517 | 2931 | 1414 | 2697 | 18 |
| CABLE SONY | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1300 | 3448 | 2148 | 360 | 18 |
| CABLE 1X1 1.8MTS | 7 | 8 | 8 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | | 1800 | 3017 | 1217 | 360 | 1 |
| CABLE 2X2 RCA | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | | 1311 | 2535 | 1224 | 360 | 214 |
| CABLE 2X2 5MTS | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | | 3645 | 6503 | 2858 | 2697 | 4 |
| CABLE 3.5 X 2 RCA 15 MTS | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | | 8850 | 13793 | 4943 | 3596 | 4 |
| CABLE 3.5 X 2 RCA 20 MTS | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | 11650 | 17169 | 5519 | 3596 | 11 |
| CABLE 2X1 5 MTS | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | | 3900 | 7069 | 3169 | 2697 | 70 |
| CABLE 2X1 7 MTS | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | | 4800 | 8699 | 3899 | 2697 | 9 |
| CABLE 3.5 POR 2 1/4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | | 3150 | 5057 | 1907 | 2697 | 0 |
| CABLE 3X3 10MTS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 10800 | 17241 | 6441 | 3596 | 9 |
| CABLE 3X3 5 MTS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 6300 | 10345 | 4045 | 2697 | 9 |
| CABLE OPTICO 2MTS | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 6900 | 11638 | 4738 | 2697 | 40 |
| CABLE OPTICO 3MTS | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | 9500 | 14259 | 4759 | 2697 | 10 |
| CABLE OPTICO 5 METROS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 12500 | 19397 | 6897 | 2697 | 4 |
| CABLE HDMI CON MALLA | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 7000 | 11638 | 4638 | 2697 | 0 |
| CABLE HDMI POR 10 MTS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 18500 | 30172 | 11672 | 3596 | 1 |
| CABLE HDMI 3.6 MTS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 8500 | 13198 | 4698 | 2697 | 0 |
| CABLE HDMI POR 5 MTS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 10000 | 15372 | 5372 | 2697 | 0 |
| CABLE HDMI POR 7 MTS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 17000 | 27586 | 10586 | 2697 | 3 |
| CABLE DC A TRES PLUG DC | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2800 | 4310 | 1510 | 2697 | 3 |
| CABLE JACK DC A CUATRO PLU DC | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | | 3500 | 5175 | 1675 | 2697 | 4 |
| CABLE PLUG A PLUG 1 METRO | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | | 5900 | 9499 | 3599 | 360 | 4 |
| CABLE MICROFONO 4.6MTS | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | | 7500 | 11638 | 4138 | 2697 | 28 |
| CABLE DE 1/4 A 1/4 COLORES | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | | 2250 | 3448 | 1198 | 2697 | 20 |
| CABLE UTP CAT6 | 411 | 414 | 417 | 420 | 423 | 426 | 429 | 432 | 435 | 439 | 442 | 445 | | 393 | 653 | 259 | 2697 | 2280 |
| CABLE TEATRO EN CASA | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 3500 | 5638 | 2138 | 2697 | 4 |
| RAMAL CABLES DC | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | | 800 | 1731 | 931 | 2697 | 19 |
| CABLE MIXTO CAMARAS | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 13500 | 20856 | 7356 | 2697 | 6 |
| CABLE MIXTO CAMARA | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 17500 | 31034 | 13534 | 2697 | 7 |
| CABLE CAMARA 4 PLUG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 6500 | 9483 | 2983 | 2697 | 1 |
| CABLE 1X1 DIGITAL | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 2600 | 4343 | 1743 | 360 | 0 |
| CABLE 1X1 DIGITAL 3.6 MT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 3200 | 5184 | 1984 | 2697 | 0 |
| CABLE USB IMPRESORA | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | 2600 | 4052 | 1452 | 2697 | 0 |
| CABLE USB MACHO HEMBRA | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | | 3550 | 5603 | 2053 | 2697 | 0 |
| CABLE 1X1 3.5MM 10 MTS | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 6460 | 10345 | 3885 | 3596 | 9 |
| CABLE 1X1 3.5 MM 5 MTS | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | | 3325 | 5603 | 2278 | 2697 | 16 |
| CABLE 3X3 1.8 MTS | 32 | 36 | 40 | 43 | 47 | 50 | 54 | 57 | 61 | 64 | 68 | 72 | | 2000 | 3879 | 1879 | 360 | 137 |
| CONVERTIDOR HDMI A VGA | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | | 33250 | 51414 | 18164 | 360 | 4 |
| CABLE HDMI 1.8 MTS | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 11 | 12 | 12 | 13 | | 8500 | 12931 | 4431 | 360 | 30 |
| CABLE HDMI 10 MTS | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | 20500 | 31897 | 11397 | 3596 | 3 |
| CABLE DUPLEX TRANSPARENTE 18 | 63 | 70 | 77 | 84 | 91 | 98 | 105 | 113 | 120 | 127 | 134 | 141 | | 344 | 690 | 345 | 360 | 109 |
| DUPLEX TRANSPARENTE 22 | 108 | 120 | 132 | 144 | 156 | 168 | 180 | 192 | 204 | 215 | 227 | 239 | | 180 | 417 | 237 | 360 | 846 |
| CABLE CARGADOR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 2500 | 4741 | 2241 | 2697 | 9 |
| CABLE GUITARRA 5M | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 2960 | 5711 | 2751 | 2697 | 2 |
| EXTENSION USB 5 MTS | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 6550 | 10345 | 3795 | 2697 | 1 |
| PATCH CORD DE 1.8M | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | | 1473 | 2587 | 1114 | 360 | 81 |
| PASCORD DE 3.6M | 17 | 18 | 20 | 22 | 23 | 25 | 27 | 28 | 30 | 32 | 33 | 35 | | 2014 | 3605 | 1591 | 2697 | 51 |
| PASCORD DE 1.8MTS | 32 | 35 | 38 | 41 | 44 | 47 | 49 | 52 | 55 | 58 | 61 | 64 | | 1995 | 3062 | 1067 | 360 | 101 |
| CABLE PATCH CORD CAT 6 3.6M | 14 | 15 | 17 | 18 | 19 | 21 | 22 | 24 | 25 | 26 | 28 | 29 | | 2660 | 4138 | 1478 | 2697 | 42 |
| CABLE UTP INTEMPERIE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1300 | 1897 | 597 | 2697 | 124 |
| CABLE UT CAT 6 | 49 | 47 | 44 | 42 | 40 | 38 | 35 | 33 | 31 | 29 | 26 | 24 | | 808 | 1293 | 485 | 2697 | 13 |
| CABLE UTP 12 MTS | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | 7900 | 11207 | 3307 | 3596 | 5 |

13.2. Anexo 2

www.inmobiliariacartagena.com/?c=inmuebles

Inicio Nuestra Empresa Servicios **Inmuebles** Proyectos Galería Fotográfica Contáctenos

Busqueda de Inmuebles

Tipo de búsqueda:
En Arriendo

Tipo de inmueble:
Local

Valor (cop\$)
Desde:
Hasta:

Ubicación:
Centro

Habitaciones:

Área (m²)
Desde:
Hasta:

Vista Al Mar:

Código:

[Ver todos los inmuebles](#)

Inmuebles

[primero] [anterior] [siguiente] [último]
Mostrando del 1 al 7 de 7 Inmuebles

| | |
|--|--|
| <p>LOCAL EN ARRIENDO (6291)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Precio: cop\$ 5.500.000 (USDS 2.989,1 aprox.) Área: 88m² (947,23ft²) Barrio: Centro # Alcobas: <p>Ver más información Ver en el Mapa</p> | <p>LOCAL EN ARRIENDO (6105)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Precio: cop\$ 8.000.000 (USDS 4.347,8 aprox.) Área: 95m² (1022,58ft²) Barrio: Centro # Alcobas: <p>Ver más información Ver en el Mapa</p> |
| <p>LOCAL EN ARRIENDO (6372)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Precio: cop\$ 10.500.000 (USDS 5.706,5 aprox.) Área: 200m² (2152,8ft²) Barrio: Centro # Alcobas: <p>Ver más información Ver en el Mapa</p> | <p>LOCAL EN ARRIENDO (6236)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Precio: cop\$ 3.800.000 (USDS 2.065,2 aprox.) Área: 34m² (365,98ft²) Barrio: Centro # Alcobas: <p>Ver más información Ver en el Mapa</p> |

[Ir arriba](#)

www.inmobiliariacartagena.com/?c=inmuebles

[Ir arriba](#)

| | |
|--|---|
| <p>LOCAL EN ARRIENDO (5943)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Precio: cop\$ 10.500.000 (USDS 5.706,5 aprox.) Área: 300m² (3229,2ft²) Barrio: Centro # Alcobas: <p>Ver más información Ver en el Mapa</p> | <p>LOCAL EN ARRIENDO (4865)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Precio: cop\$ 16.000.000 (USDS 8.695,7 aprox.) Área: 413m² (4445,53ft²) Barrio: Centro # Alcobas: <p>Ver más información Ver en el Mapa</p> |
| <p>LOCAL EN ARRIENDO (3101)</p>  <ul style="list-style-type: none"> Precio: cop\$ 20.000.000 (USDS 10.869,6 aprox.) Área: 280m² (3013,92ft²) Barrio: Centro # Alcobas: <p>Ver más información Ver en el Mapa</p> | |

[Ir arriba](#)

[primero] [anterior] [siguiente] [último]
Mostrando del 1 al 7 de 7 Inmuebles

13.3. Anexo 3

```
/* LPSolver */

set periodos;

set productos;

param d{productos,periodos};

param m{productos};

param o;

param c{productos};

param e{productos};

param ini{productos};

/* Variable definitions */

var x{productos,periodos} >=0;

var z{productos, periodos} >=0;

var w{periodos} binary;

var y{productos, periodos} >=0;

var s{productos}>=0;

/* Objective function */

minimize obj: sum {k in periodos}(o*w[k]) + sum{ i in productos, k in periodos}(c[i]*x[i,k])+ sum{ i in productos,k in periodos}(e[i]*z[i,k]) + sum{i in productos,k in periodos: k>1}(m[i]*(y[i,k]));

s.t. inv{i in productos, k in periodos :k>1}: y[i,k-1]+x[i,k]-d[i,k]=y[i,k];

s.t. demanda{i in productos, k in periodos: k>1}: y[i,k-1]+x[i,k]>=d[i,k];

s.t. inicial{i in productos}: y[i,1]=ini[i];

s.t. inicial1{i in productos}:x[i,1]=0;

s.t. eqq{i in productos, k in periodos}: x[i,k]<=s[i];

s.t. eqq1{i in productos, k in periodos}: x[i,k]>=s[i]-1000*(1-w[k]);

s.t. eqq2{i in productos, k in periodos}: x[i,k]<= 1000*(w[k]);
```

