



**BUAP**

# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COLEGIO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

## **IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS EN LOS PROCESOS CLIENTE – EMPRESA**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

**ELÍAS CÉSAR SOSA DÁVILA**

**ASESOR:**

**DOC. CÉSAR ANTONIO ARGÜELLO ROSALES**



**BUAP**

Of. S.AC. DIR 4261/15  
**ACEPTACIÓN TEMA DE TESIS**

**C. ELIAS CESAR SOSA DAVILA**  
**PASANTE DE LA CARRERA DE**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**DE LA B.U.A.P.**  
**PRESENTE.**

En atención a la autorización del Tema de Tesis que puso Usted a consideración de esta Facultad, se turnó la misma a:

**M.I. SERGIO PONCE DE LEÓN DE LA HUERTA**  
**COORDINADOR DEL COLEGIO DE INGENIERÍA**  
**INDUSTRIAL**

Habiendo autorizado el tema denominado:

**"IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS EN LOS PROCESOS CLIENTE-EMPRESA"**

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como Asesor de esta tesis a:

**DR. CÉSAR ANTONIO ARGÜELLO ROSALES**

Sin otro particular de momento, me es grato quedar de usted.

ATENTAMENTE

"PENSAR BIEN PARA VIVIR MEJOR"

H. Puebla de 10 de diciembre de 2015

**M.I. EDGAR IRAY VILLAGRAN ARROYO**  
**DIRECTOR**



C.c.p.- Mesa de Exámenes Profesionales

Asesor

Archivo

M'EIVA\*M'AEPS\*rbp

Facultad  
de Ingeniería

Bld. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. 108 C, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610



ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE  
IMPRESIÓN

M.I. FERNANDO DANIEL LOZANO HERNÁNDEZ  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INENIERÍA  
DE LA B.U.A.P.  
Presente.

El suscrito: DR. CÉSAR ANTONIO ARGÜELLO ROSALES, Asesor del Tema de de Tesis  
denominado:

“IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS EN LOS PROCESOS CLIENTE-EMPRESA”

Presentado por el C. ELÍAS SOSA DÁVILA, pasante de la carrera de Ingeniería  
Industrial, y en atención al oficio No. 4261/15 de fecha 10 de diciembre de 2015,  
me permito informar a usted que **después de haber revisado cuidadosamente  
el contenido temático, la metodología, la redacción y la ortografía de la tesis  
correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión de la  
misma.**

Lo que hago de su conocimiento para los efectos legales a que haya lugar.

ATENTAMENTE

H. Puebla de Z., 1º de abril de 2016

DR. CÉSAR ANTONIO ARGÜELLO ROSALES  
ASESOR

C.c.p.- Interesado  
Archivo  
rba.

## **Agradecimientos:**

**A DIOS.** Por regalarme la vida, las fuerzas de continuar progresando, por llevarme a los lugares menos imaginados, pero regalándome la compañía y la certeza de que existe.

**A MIS PADRINOS.** Julieta, Sydney. Karina y Rodrigo. Por tenerme la paciencia, la comprensión y el amor de trabajar con una persona como yo.

**A MIS PADRES.** Clara y Esteban. Por el inmenso amor dando desde la infancia, los cuidados. Los buenos y malos momentos que nos permitieron aprender un poco más de la vida.

**A MIS HERMANAS Y SOBRINA.** Mariam, Valeria y Valentina. Por la esperanza de continuar luchando en esta vida.

**A MI PAREJA.** Olivia. Por la motivación de terminar este proyecto y continuar con mi progreso profesión y personal.

**A LOS ENFERMOS.** Que a través de sus experiencias me han permitido comprender mi propia vida y me han dado el impulso necesario para continuar.

**A MIS AMIGOS.** Por formar parte de mi tiempo de estudiante, motivándome con sus múltiples formas de ser.

**A MIS DOCENTES.** Por sus conocimientos, comprensión y la amistad que me han brindado durante el tiempo de estudiante. Creyendo en volverme un profesionalista.

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| Introducción .....   | 7  |
| Justificación .....  | 7  |
| Planteamiento del problema .....   | 7  |
| Hipótesis .....  | 8  |
| Objetivo General .....   | 8  |
| Objetivos Particulares .....   | 8  |
| Alcances .....   | 9  |
| CAPÍTULO 1 LA EMPRESA.....   | 10 |
| 1.1 Historia de la empresa: .....  | 10 |
| 1.2 Misión.....  | 14 |
| 1.3 Visión .....   | 14 |
| 1.4 Organización (Departamento de PC&L).....                               | 14 |
| 1.5 Áreas dentro de la empresa .....                                       | 15 |
| 1.6 Distribución física de la empresa .....                                | 19 |
| 1.7 Descripción de los productos .....                                     | 20 |
| 1.7.1 Quemacocos .....   | 20 |
| 1.7.2 Elevadores .....   | 21 |
| 1.8 Descripción del proceso Quemacocos (Chrysler) .....                    | 23 |
| 1.9 Descripción del proceso Elevadores (VW) .....                          | 25 |
| CAPÍTULO 2 CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDOS (EOQ's) .....                     | 26 |
| 2.1 Modelos de inventario determinístico.....                              | 29 |
| 2.1.1 El papel de la demanda en el desarrollo del modelo de inventarios. . | 30 |
| 2.1.2 Modelo estocástico de cantidad de pedido económico (EOQ) .....       | 31 |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 2.1.3                                       | Modelos dinámicos de cantidad de pedido económica (EOQ) .....             | 37 |
| 2.2   | Modelo determinístico con revisión periódica.....                         | 43 |
| 2.3   | Modelo estocástico con revisión continúa.....                             | 44 |
| 2.3.1                                       | Elección de la cantidad de la orden $Q$ .....                             | 45 |
| 2.3.2                                       | Elección del punto de reorden $R$ .....                                   | 46 |
| 2.4   | Modelos de inventario probabilístico.....                                 | 49 |
| 2.4.1                                       | Modelo de revisión continúa.....  | 49 |
| CAPÍTULO 3 PROPUESTA - IMPLEMENTACIÓN ..... |   | 54 |
| 3.1   | EOQ Clásico - Aplicado .....  | 68 |
| 3.1.1                                       | Costos de preparación anuales.....  | 69 |
| 3.1.2                                       | Calculo de Punto de Reorden, volúmenes óptimos .....                      | 73 |
| 3.1.3                                       | Cálculo de variables externas (impacto al modelo).....                    | 75 |
| 3.2   | EOQ de varios artículos con limitación de almacenamiento - Aplicado ..... | 79 |
| 3.2.1                                       | Costos de preparación anuales.....  | 79 |
| 3.2.2                                       | Cálculo de EOQ's con limitación de almacenamiento.....                    | 82 |
| CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....  |   | 88 |
| Anexo: .....                                |   | 96 |
| Referencias: .....                          |   | 97 |

## Índice de Imágenes

|   |    |
|---|----|
| Imagen 1: Organigrama de departamento de PC&L, Diciembre 2015.....  | 15 |
| Imagen 2. Plano estructura de la Planta – Enero, 2016.....  | 19 |
| Imagen 3. Quemacocos panorámico de doble vidrio-Cliente GM.....   | 20 |
| Imagen 4. Quemacocos panorámico estándar – Cliente VW.....  | 20 |
| Imagen 5. Quemacocos comerciales para los clientes: Chrysler y Mercedes.....  | 21 |
| Imagen 6. Elevador manual para cliente FORD.....  | 22 |
| Imagen 7.Diagrama de proceso: Encapsulado, Agosto 2015. Elaboración propia.....   | 23 |
| Imagen 8.Diagrama de proceso: Quemacocos, Agosto 2015. Elaboración propia.....  | 24 |
| Imagen 9.Diagrama de proceso: Elevadores, Agosto 2015. Elaboración propia. ....   | 25 |
| Imagen 10. Diagrama de Causa-Efecto de Ishikawa implementada en la empresa.[1] .....  | 54 |
| Imagen 11. Tabla de porcentaje (evaluación del cliente con respecto a cumplimientos), tomada en Octubre de 2014 (histórico del sistema e-supplierconnect). .... | 88 |
| Imagen 12. Tabla de porcentaje (evaluación del cliente con respecto a cumplimientos), tomada en Marzo de 2015 (histórico del sistema esupplierconnect). ....    | 89 |
| Imagen 13. Pantalla de evaluación contra entregas de GM USA SERVICE, datos proporcionados de portal de GM, Octubre 2015.....                                    | 90 |
| Imagen 14. Pantalla parcial del Archivo Excel utilizado para el proyecto (tiempos de entrega y lotes mínimos como datos relevantes).....                        | 92 |
| Imagen 15. Pantalla de la tabla de consumos y lanzamiento de requerimientos debido a su consumo por componente. Elaboración propia. ....                        | 93 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Cuantificación en minutos de paro de línea por Causa-Raíz. Datos de semana 12 (Marzo 2015). Elaboración propia.....   | 56 |
| Tabla 2. Distribución de los tres clientes con mayor volumen de piezas requeridas. Elaboración propia.....   | 58 |
| Tabla 3. Descripción general de afectaciones a los clientes por problemas en componentes. Elaboración propia.....  | 60 |
| Tabla 4. Descripción de los componentes con restricciones, cantidades y proveedores. Datos de Marzo 2015. Elaboración propia.....  | 62 |
| Tabla 5. Cantidades anuales totales considerando demandas de Marzo 2014 – Marzo 2015. Elaboración propia.....  | 63 |
| Tabla 6. Tabla desglosada de: demanda anual, lotes mínimos de proveedores, costo por unidad, tiempo de entrega (días). Datos extraídos desde sistema PLEX. Elaboración propia..... | 66 |
| Tabla 7. Distribución de componentes según su tipo de demanda. Elaboración propia.....   | 68 |
| Tabla 8. Tabla desglosada de los costos previos al costo de preparación anual, calculada por componente. Componentes con demanda constante. Elaboración propia.....                | 70 |
| Tabla 9. Tabla desglosada de costos previos al cálculo del costo de retención anual. Elaboración propia.....   | 71 |
| Tabla 10. Tabla del cálculo del costo anual de almacenamiento. Elaboración propia.....   | 72 |
| Tabla 11. Tabla de componentes con volúmenes óptimos por lote y por piezas. Elaboración propia.....  | 74 |
| Tabla 12. Calculo de Punto de reorden en piezas por componente. Elaboración propia.....  | 75 |
| Tabla 13. Tabla con indicadores probabilísticas: Desviación estándar, Probabilidad NO desabasto y cálculo de existencia de reserva. Elaboración propia.....                        | 76 |
| Tabla 14. Costos de preparación anual de componentes con requerimientos variables, desglosando de costos de preparación anual e indirectos generales. Elaboración propia.....      | 80 |
| Tabla 15. Tabla de desglose de los costos de retención anual. Elaboración propia.....  | 81 |
| Tabla 16. Tabla completa de costos de los componentes con demandas variables. Elaboracion propia.....  | 81 |
| Tabla 17. Tabla considerando las tres opciones de demanda diaria por componente con demanda variable. Elaboración propia.....  | 82 |
| Tabla 18. Resultados del cálculo de los costos y sus tres posibles casos. Elaboración propia.....  | 83 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 19. Tabla de cálculos de los costos de retención unitaria por unidad de tiempo. Elaboración propia.....  | 84 |
| Tabla 20. Tabla de descripción de cantidades de pedido calculado en lotes mínimos de pedido. Elaboración propia.....   | 85 |
| Tabla 21. Tabla con las áreas determinadas por componente y las dos opciones adicionales (variaciones mayores y menores). Elaboración propia.  | 86 |
| Tabla 22. Cálculo óptimo de áreas por cantidades de los lotes mínimos considerando las variabilidades en incrementos y bajas de demandas. Permitiendo tener una visión más amplia. Elaboración propia..... | 86 |

## Índice de gráfica

|  |    |
|--|----|
| Gráfica 1. Patrón de inventario en el modelo EOQ clásico.....  | 32 |
| Gráfica 2. Punto de volver a pedir en el modelo EOQ clásico.....   | 32 |
| Gráfica 3. Función de costo del inventario con reducción del precio.....   | 35 |
| Gráfica 4. Solución óptima de los problemas de inventario con reducción de precio.....   | 36 |
| Gráfica 5. Ejemplo de demanda dinámica genérica por MRP – Gráfica M...   | 38 |
| Gráfica 6. Ejemplo de demanda dinámica genérica por MRP – Gráfica S...   | 38 |
| Gráfica 7. Función de costo de producción unitaria convexa.....  | 39 |
| Gráfica 8. Elemento del modelo de inventario dinámico con costo de preparación.....  | 40 |
| Gráfica 9. Distribución de la demanda según el Modelo Estocástico.....   | 48 |
| Gráfica 10. Existencia de reserva, B, impuestas al modelo EOQ clásico.....   | 49 |
| Gráfica 11. Probabilidad de que se agoten las existencias.....   | 50 |
| Gráfica 12. Modelo probabilístico con faltantes.....   | 51 |
| Gráfica 13. Distribución de raíces que afectan a los clientes (80-20).....   | 55 |
| Gráfica 14. Distribución de los volúmenes por cliente. Datos proporcionados por la empresa: 17 de Marzo de 2015. Elaboración propia.                                   | 57 |
| Gráfica 15. Distribución de las Partes de Servicio, datos proporcionados el 17 de Marzo de 2015. Elaboración propia.....   | 59 |
| Gráfica 16. Distribución de proveedores. Elaboración propia.....   | 62 |
| Gráfica 17. Comportamiento histórico de demandas Marzo 2014 – 2015. Datos históricos de demandas. Marzo 2015.....  | 64 |
| Gráfica 18. Comportamiento de los inventarios por componente aplicando el modelo EOQ a lo largo de un año (5 días a la semana por 52 semanas). Elaboración propia..... | 77 |
| Gráfica 19. Las gráficas de los principales cinco componentes con mayor movimiento (entradas y salidas). Elaboración propia.....                                       | 78 |

## Introducción

### Justificación

Actualmente los métodos que se están utilizando para la planeación de los materiales no son útiles debido a la constante reincidencia en la falta de los mismos. Tomando en cuenta la metodología actual sobre la requisición en los componentes solo contempla un pedido de gran volumen dejando fuera los requerimientos futuros, por esta razón se considera necesario implementar otra herramienta como potencial solución como son Ordenes Económicas de pedidos (EOQ'S).

### Planteamiento del problema

La empresa donde se realizó el estudio unos de los rubros más importantes son las partes de servicio con un tiempo compromiso es de 10 años como mínimo con la mayoría de los clientes como: VW México, VW USA, Chrysler, GM USA, GM EUROPA, NISSAN USA y NISSAN Mexicana, sin embargo hay también tiempos de servicio más largo con otros como Mercedes, Honda y Freightliner, para enviar componentes o parcialidades de productos terminados.

Debido a los requerimientos poco constantes en algunos de los casos los componentes no se encuentran o es bajo el inventario, algunas veces hay falsas existencias lo cual limita la construcción de los materiales solicitados.

Algunos de los clientes envían sus pedidos de manera semanal a través de EDI (Electronic Data Information), la cual se va monitoreando por el *Customer Service Aftermarket*<sup>1</sup>, sin embargo no todos los clientes operan de la misma manera, algunos de ellos se van recibiendo a través de archivos de Excel en los cuales se establece la fecha de entrega y las cantidades así como los números de las órdenes de

---

<sup>1</sup> Customer Service Aftermarket: Persona dedicada a revisar los pedidos solicitados por los clientes.

compra. Esto limita la planeación de los componentes para producir los pedidos de los clientes, generando problemas en los cumplimientos parciales o totales.

## Hipótesis

La implementación de los EOQ'S permitirá mejorar el control de los componentes al igual que la planeación de la producción, cumplimiento con los clientes en cantidades y fechas requeridas, convirtiendo las refacciones en una unidad de negocio rentable para la empresa.

## Objetivo General

- Mejorar el cumplimiento en tiempo y cantidades solicitados por los clientes utilizando los EOQ'S como base para controlar componentes productivos.

## Objetivos Particulares

- Controlar inventarios de los componentes de lento movimiento a través de sus requerimientos y lotes mínimos.
- Controlar los tiempos de entregas de los proveedores para tener una planeación basada en tiempos y cantidades compromiso.
- Mejorar el cumplimiento y el *Score*<sup>2</sup> con los clientes (pasar de proveedor tipo "C" al "A" en el área de Servicio pos venta)

---

<sup>2</sup> Score: Instrumento óptimo que permite evaluar con puntos a los clientes.

## Alcances

- ✓ Beneficios en los almacenes: esto se considera parte fundamental de la administración de los componentes, por lo cual el control va a permitir mantener la información necesaria para confirmar fechas de embarque y la solicitud de material, así teniendo la certeza de producir al igual que entregar al cliente.
- ✓ Protección de las líneas de producción, buscando eliminar los paros de producción por falta de componentes y evitar incumplir entregas prometidas al cliente.
- ✓ Cumplir los productos solicitados por los clientes en tiempo considerando las cantidades solicitadas.
- ✓ Tener un control en la planeación de producción y requerimientos hacia proveedores (EOQ's), controlando de una manera más eficiente la cadena logística.

# CAPÍTULO 1 LA EMPRESA.

## 1.1 Historia de la empresa:

La empresa a realizar el estudio es uno de los mayores proveedores mundiales para automóviles del mundo. Sirviendo principalmente los fabricantes de vehículos de equipo original (OEM) en la industria del automóvil, Inteva tiene su sede en Troy, Michigan y cuenta con 42 localidades en 18 países de cuatro continentes.

Su primer nombre se introdujo al mercado en 2008, la compañía cuenta con una rica historia internacional que se remonta a la creación del proveedor de carro alemán Traugott Golde en 1872. En los siguientes 30 años se crearon cuatro proveedores de automoción; Inland Manufacturing Company, Guide Lamp, Fisher Body Company y Arvin Meritor. Tales empresas nacieron, creando los orígenes de cuatro grandes líneas de productos de Inteva.

Fundada en 1872 como proveedor de ensamblajes para la construcción de transportes, Traugott Golde comenzó el suministro de los componentes del techo solar en 1904 y autopartes de los mismos durante 1927. Durante los años 50's Golde GmbH, se convirtió en el primer proveedor de techos solares deslizantes, y en 1973 desarrolló el primer diapositivo y el módulo de inclinación a nivel mundial. Durante el mismo año fue comprado por Golde Rochwell Automotive, el predecesor de ArvinMeritor después de lo cual se crearía el primer módulo de quemacocos integrado, multi-panel para convertirse en un gran líder en este ramo. La producción en masa de estos productos como un sistema completo comenzó en 1985. Tres años después se introdujo a nivel mundial, empezando con Audi A2.

Para 2004 se crea el primer quemacocos de gran tamaño, iniciando con una línea de producción conocida como “*Roof Systems*”, posterior a este sistema se adquiere la división de “Sistemas de Administración de ArvinMeritor” durante el mismo año. Siete años después se inician operaciones en Shanghai, China, teniendo como objetivo principal producir 1 millón de Quemacocos durante el primer año en

operaciones para vehículos Premium, sin embargo no se podía quedar atrás la división de América del Norte en Gadsden, Alabama, EEUU, para el año 2013 inicia operaciones.

### **La fabricación Época 1924-1946**

Después de grandes predecesores se establecieron bases en la industria automotriz, la era de la producción se inició durante los 20 años siguientes. Predecesores europeos de esta empresa dieron lugar a tres de sus líneas de productos en este período de tiempo. Traugotte Golde había comenzado el suministro de los componentes de quemacocos en 1907, pero no comenzó la producción en masa hasta 1927. Al año siguiente, Wilmot Breeden comenzó a producir cierres de la puerta en Birmingham, Inglaterra y pronto se expandió a St. Dié, Francia, donde se convirtió en un diseñador y proveedor de sistemas de acceso de la puerta de Europa.

Estas empresas emergentes no fueron sólo el comienzo de los sistemas de quemacocos y de elevadores de ventanas, sino también el inicio de su presencia global. En la década de 1930, las empresas de fabricación han encontrado el éxito en la producción de productos en cantidades masivas. Moldeo de plástico se convirtió en el producto más innovador y exitoso de interiores hasta la fecha. Debido a su durabilidad y variedad de colores, el material de moldeo de plástico utilizado para producir volantes y área de radio estaba en gran demanda. Durante esta época la Ternstedt Manufacturing Company también se ha consolidado dentro de Fisher Body en GM. En 1940, Inland estaba produciendo más de 425 productos, entre ellos la primera bandeja de hielo de plástico.

### **La Era de la Innovación 1946-1975.**

La producción de piezas de automóviles continuó en los Estados Unidos y la innovación se convirtió en un componente crucial para el éxito de cualquier empresa de fabricación. Fisher Body, que desde hace mucho tiempo se había expandido sus productos más allá de solamente la creación de carrocerías de automóviles, envía sus primeras pruebas en 1946. Inland también comenzó a vender nuevos productos

en 1951, seis años después crean sus primeros elevadores de ventanas. La industria del automóvil en Europa no estaba muy por detrás de las empresas estadounidenses. En 1950, Traugotte Golde ha sido renombrado Golde GmbH y se convirtió en el primer proveedor de quemacocos corredizos. El primer módulo de puerta sellada del mundo fue lanzado en Francia por la Compagnie Industrielle de Mecanismes SA (CIM) en 1968. Pronto, *elevelunas*<sup>3</sup> hicieron el cambio de modo manual a eléctrico y CIM se convirtió en líder de la industria en la inversión de los motores eléctricos. En 1973, Golde GmbH comenzó la producción del primer módulo de la inclinación del mundo, durante el mismo año fue adquirida por Rockwell International, una empresa con una trayectoria en el negocio del eje del automóvil en Detroit.

### **La Era de la Consolidación 1975-2008**

La adquisición de Rockwell International de Golde GmbH provocó una tendencia de consolidación que se prolongó durante los próximos 33 años. Rockwell Internacional siguió la adquisición de los proveedores europeos cuando compró tanto Wilmot Breedon y CIM en 1979, expandiendo su presencia internacional y su inversión en tecnología en los módulos de puertas. Tres grandes predecesores americanos tomaron varios pasos antes la cual finalmente generó la fusión para formar un solo proveedor. En 1984, Guía de la lámpara y Fisher Body, que había sido dos divisiones de General Motors durante casi 60 años, fusionaron sus actividades de la luz y de hardware para crear la Guía División Fisher y envían su primer módulo de puerta en 1987. En el mismo año, Inland Fabricación fusionó con las actividades de asientos e interiores de Fisher Body para formar la División Inland. Cinco años después de éstas fusiones, las dos nuevas divisiones se consolidan una vez más para crear Guía Inland Fisher. En 1991, General Motors consolidó aún más por la organización de todas sus divisiones de piezas separadas y crear el Grupo de Componentes Automotrices (ACG). Cuatro años más tarde, el grupo pasó a llamarse automotrices Delphi y sección Guía Inland Fisher se convirtió en Delphi Interior y sistemas de iluminación. En el mismo año, Rockwell International escindió

---

<sup>3</sup> Elevelunas: Elevadores de ventanas.

su negocio de automoción y creó Meritor Automotive. En 1999 Delphi Automotive Systems se independizó de General Motors y como comenzó a ganar en el nuevo negocio de diferentes sistemas se hizo más distintiva. En 2001, Delphi presentó el primer sistema de la puerta modular completa y al año siguiente añadió módulos de cabina a su cartera. Durante el mismo año la compañía pasó a llamarse Delphi Corporation. En 2000, Meritor Automotive fusionó con Arvin Industries para crear ArvinMeritor, Inc. Más tarde, en 2007, la compañía formó su unidad de negocio de Sistemas de Administración, que había combinado las antiguas unidades de negocio puertas de Wilmot Breedon y CIM con el negocio de quemacocos en Golde GmbH. Para 2008, el Grupo Renco, Inc. adquirió los negocios globales Interiores y elevación de Delphi de Delphi Corporation y cambió al nombre actual de la empresa.

#### **La Era de Expansión 2008-Presente**

La empresa estableció su sede mundial en Troy, Michigan y adquirió más de 30 ubicaciones en el mundo. Desde su inicio, la compañía ha producido sistemas de interior y cierre de varios fabricantes de equipos originales (OEM) en todo el mundo. En 2011 adquirió la unidad de Sistemas de Administración de ArvinMeritor que amplió sus líneas de productos para incluir sistemas de quemacocos, motores y electrónica. Desde su fundación en 2008, ha agregado nuevos sitios, alcanzando un total de 42 localidades, en 18 países, en 4 continentes. También ha abierto varios nuevos centros técnicos, laboratorios de ensayo y medición, estudios de diseño para optimizar sus capacidades.

## **1.2 Misión**

(Community)

La empresa tiene como prioridad el bienestar ambiental al igual que el valor del aprendizaje en las buenas prácticas en la gestión ambiental, generando conciencia en los jóvenes de las comunidades más cercanas de cada sede. Teniendo siempre presente la colaboración y el apoyo de la comunidad afectadas por siniestros naturales.

Otras de las actividades son el desarrollo de los equipos de trabajadores de la misma empresa, impulsando el desarrollo escolar para tener una comunidad de empleados altamente capacitados para desarrollar las actividades necesarias.

## **1.3 Visión**

El reconocimiento de los clientes como un socio comercial con altos estándares de calidad y un excelente rendimiento en sus productos, al igual en sus servicios e innovaciones para futuros proyectos.

## **1.4 Organización (Departamento de PC&L)**

Debido a que la organización es muy amplia, el estudio solo tomará en cuenta el departamento de PC&L (control de la producción y Logística).

Dentro del organigrama se mencionarán a las personas que realizan actividades administrativas debido a sus funciones son específicas y no rotatorias o temporales, como se muestra a continuación:

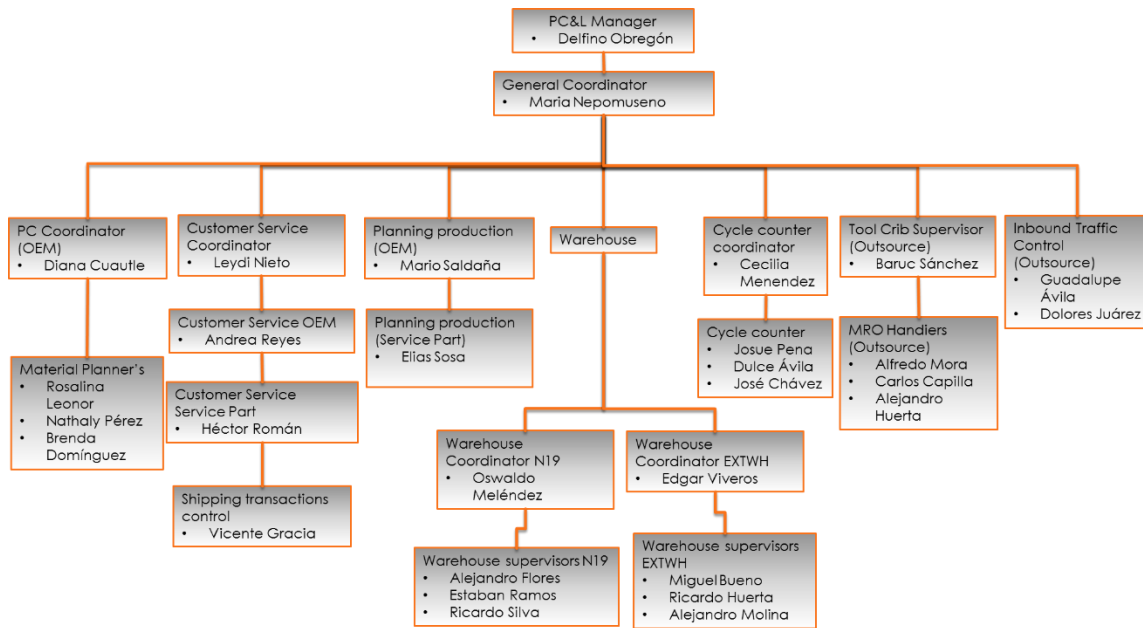


Imagen1: Organigrama de departamento de PC&L, Diciembre 2015

## 1.5 Áreas dentro de la empresa

Dentro de la empresa existen varias áreas que contribuyen a la fabricación de quemacocos y elevadores para nuestros diferentes clientes, a continuación se describen, independientemente del orden en las que se enlistan:

**PC&L:** Éste departamento se encarga del Control de la producción (Production Control) al igual que también del proceso Logístico (Logistic) de la empresa

Actualmente éste departamento tiene las funciones de planeación de materiales, control de Inventarios, programación y nivelación de la producción de las diferentes líneas (Quemacocos (4 líneas), Encapsulado de Vidrio (1 línea), Elevadores (5 líneas)), al igual que la programación de embarques.

Dentro de las actividades que se realizan en el departamento es la coordinación y relación más cercana a los clientes (trato personalizado).

**Recursos Humanos:** Su función es contratar personal con las habilidades necesarias para el área de limpieza de la planta, áreas de mantenimiento, área productiva (ensambles de quemacocos y elevadores), áreas administrativas (personal de confianza que se encarga de planeaciones de materiales), áreas gerenciales, áreas de almacenajes, etc. También forman parte de las conciliaciones en las relaciones entre el personal independientemente de las jerarquías que existen. Busca mantener buenas relaciones personales entre en los individuos participantes dentro de la organización.

**Manufactura:** Éste departamento cumple con la función de diseñar y mejorar los métodos de trabajo para el personal operativo, al mismo tiempo se encarga de revisar las máquinas que permiten el ensamble de las piezas tanto de Quemacocos como de Elevadores.

Constantemente evalúan los métodos de cómo realizar las diferentes operaciones en las líneas con el fin de proteger el personal operativo y la forma de fabricar las piezas solicitadas por los clientes.

**Ingeniería (LOE<sup>4</sup>):** Las principales funciones de este departamento son revisar constantemente las piezas a utilizar, llevar el registro correspondiente del listado de los componentes nuevos y viejos.

**Mantenimiento:** Se encarga de realizar los mantenimientos de forma general de toda la planta tanto parte operativa (Máquinas dentro de las líneas productiva, Luminaria e instalaciones de ductos) como en los almacenes (montacargas).

**Calidad:** Funciona en la revisión y gestión de controles en temas de calidad para componentes y productos terminados, considerando los requerimientos de los

---

<sup>4</sup> LOE: Lead Operations Enginner.

clientes y estandarizando los mismos para tener un control en nuestra calidad como empresa proveedora de partes originales como de refacciones.

**Seguridad e Higiene:** Este departamento se encarga de supervisar y cuidar al personal para que cumpla con sus funciones, así como el de registrar los accidentes para prevenir futuros problemas. Busca también concientizar del riesgo de las operaciones y el procurar el bienestar de los integrantes de la organización.

**Producción:** Es el área operativa que se encarga de realizar los ensambles correspondientes según el programa para cumplir con el cliente en fecha y cantidades, generando así ganancias a la planta.

**Tráfico (Importación y Exportación):** Es el área que se encarga de trasladar los materiales de las aduanas a la planta para poder realizar las operaciones correspondientes operaciones y ensambles para producir quemacocos y elevadores.

También realiza la función de programar las recolecciones para su exportación a las plantas de los clientes.

**Comercio:** Se encarga de toda la documentación tanto de importaciones como de exportaciones, con el fin de revisar si el material que llegó concuerda con la descripción, cantidad, pesos, dimensiones y especificaciones con el fin de asegurar y controlar las llegadas y salidas de materiales productivos.

**Sistemas:** Éste departamento se encarga de revisar los equipos de cómputo para que puedan realizar sus funciones, esto debido a que todo se maneja por redes. Se

encarga también de las telecomunicaciones dentro de la empresa para su comunicación de forma interna al igual que externa para mantenerla en operación.

**Finanzas:** Es el departamento que se encarga de revisar las entradas (ventas en efectivo) y salidas (compra de componentes, mantenimientos, maquilados, etc).

Evaluando los desempeños de entradas como de salidas para poder hacer toma de decisiones en beneficio de la empresa. Parte de las responsabilidades que tiene este departamento es la encargada de realizar los pagos al personal que labora dentro de la empresa (administrativa y operativa).

**Proyectos:** Éste departamento se encarga de gestionar nuevos productos que beneficien a la empresa con nuevos clientes o antiguos clientes. Ésta división interna dentro de la misma empresa contempla los mejores talentos de otros departamentos y los organiza para crear nuevos negocios.

**Compras:** Se encarga de evaluar a los proveedores potenciales, conciliar y determinar cuál es el mejor, buscando el cumplimiento de nuestra demanda. En algunas de los casos se buscan proveedores que realicen funciones específicas que no se realizan dentro de la planta, ésto debido a que no se cuenta con las máquinas o las instalaciones necesarias para realizar actividades específicas.

**Ventas:** Es el departamento que busca nuevos proyectos directamente con las armadoras y es el encargado de negociar precios, demandas y tiempo de cumplimiento con los productos que se manejan dentro de la planta. Éste departamento se encuentra físicamente en el corporativo de la empresa (Troy, Michigan, EE.UU.).

## 1.6 Distribución física de la empresa

Éste plano fue tomado en Enero de 2014, a finales de 2015 la distribución cambió debido a ampliación de las líneas de producción que fueron instaladas dentro de la planta. Durante el proceso de la realización de la tesis las instalaciones se mantuvieron como se muestra a continuación:

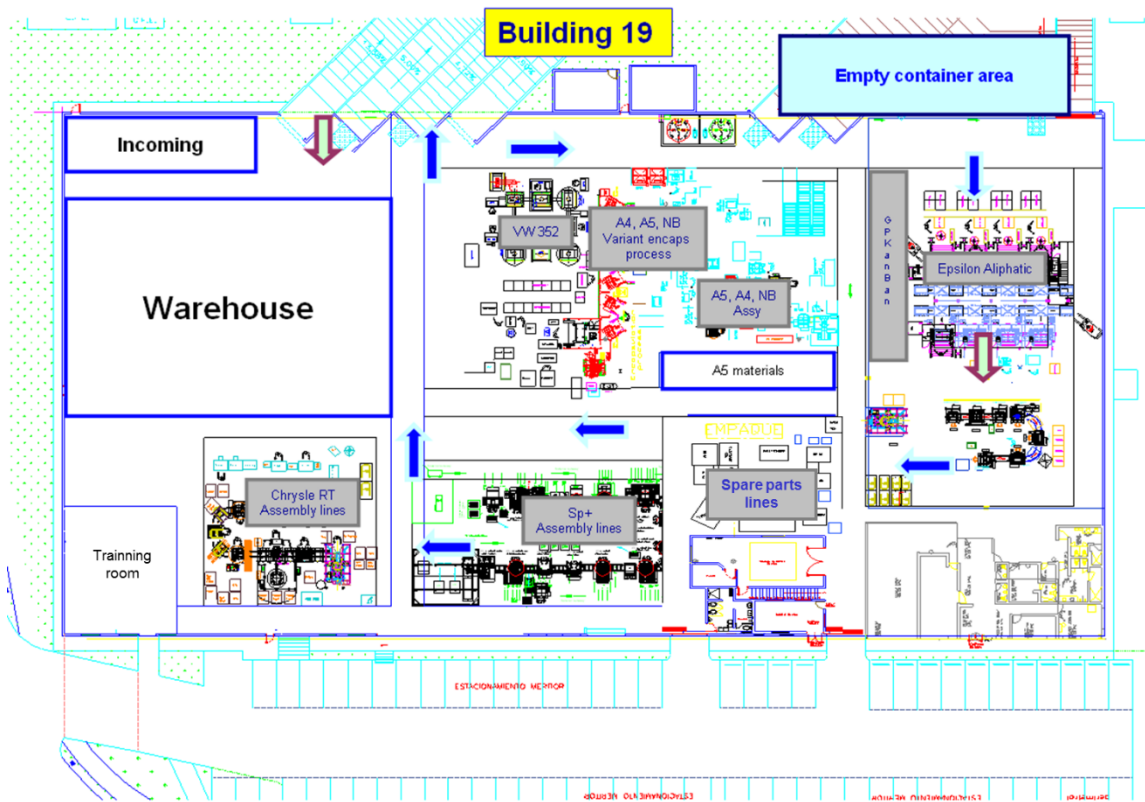


Imagen 2. Plano estructura de la Planta – Enero, 2016

## 1.7 Descripción de los productos

### 1.7.1 Quemacocos

En planta Puebla se fabrican dos tipos de productos: Quemacocos y Elevadores.

En esta empresa la prioridad es la manufactura y venta de Quemacocos a los principales clientes como son: Mercedes, Chrysler, VW México, VW USA, GM.



*Imagen 3. Quemacocos panorámico de doble vidrio-Cliente GM.*

Debido a la diversidad de los clientes, la empresa tiene diferentes productos para cubrir las necesidades específicas de cada uno de ellos, un ejemplo claro es la *Imagen 3*, de unos de los Quemacocos proporcionados a GM.

Los tipos que se ensamblan dentro de la fábrica son quemacocos panorámicos principalmente para GM, los cuales van para los clientes principalmente ubicados en E.E.U.U. y Canadá.

Éstos quemacocos tienen la característica de tener doble vidrio, uno de ellos esta fijo (vidrio A) y el otro con movimiento de inclinación y desplazamiento (vidrio B).



*Imagen 4. Quemacocos panorámico estándar – Cliente VW.*

Otros de los productos que fabrica la empresa son los quemacocos panorámico de un sólo vidrio, el cual se fabrica para el modelo New Beetle ensamblado en VW México.

Los cuales cuentan con un vidrio de mayor tamaño que el quemacocos comunes, lo cual le da una característica especial al vehículo.

Cumple con las funciones de inclinación y apertura del vidrio.

Actualmente los clientes de línea Premium son Mercedes y Chrysler, a los cuales se les surten quemacocos y elevadores, sin embargo su principal demanda está en los quemacocos.



*Imagen 5. Quemacocos comerciales para los clientes: Chrysler y Mercedes.*

En el caso específicamente de Chrysler se les surte quemacocos para vehículos como Minivan, Dart, Modelo 200, Patriot, Compass, Grand Cherokee, Charger y Challenger, por mencionar los principales modelos del Grupo Chrysler.

Éstos productos son surtidos de manera constante debido a su gran demanda en la parte Norte del continente.

### **1.7.2 Elevadores**

El segundo producto son los elevadores de puertas (manuales y eléctricos), usualmente vendidos como refacciones o partes de servicio al cliente. En ocasiones los requerimientos de los elevadores son solicitados como piezas originales así como refacciones, siendo concretamente los clientes Chrysler (Viper) y FORD.



*Imagen 6. Elevador manual para cliente FORD*

En éste tipo de productos las demandas son muy variadas, existen clientes que tienen una demanda constante como es Volkswagen México, que continuamente solicita diferentes piezas en volúmenes considerablemente grandes, incluso que son difíciles de cubrir en un solo mes.

Unos de los clientes de demanda esporádica como es Honda y Toyota, los cuales solicitan pedidos considerablemente pequeños de forma anual.

A diferencia de las líneas productivas de quemacocos, los elevadores en ocasiones comparten máquinas o las líneas completas, ésto depende mucho del proceso que va requiriendo cada elevador. Cabe mencionar que son muchos más clientes a comparación de los clientes para quemacocos.

Otra de las peculiaridades de los elevadores son sus componentes, ésto debido a que los requerimientos son muy variados y en ocasiones son compartidos, una falsa existencia o una escases de algún componente afecta a varios clientes, los cuales generan un gran impacto debido a los tiempos de espera (lead times) son muy largos, incluso a comparación de los componentes de quemacocos, por lo cual se vuelve un problema el cumplimiento con los clientes.

## 1.8 Descripción del proceso Quemacocos (Chrysler)

Principalmente se compone de dos principales, dos procesos: Encapsulado y Construcción del Quemacocos, los cuales se presentan a continuación en sus respectivos diagramas de procesos:

### Diagrama de proceso: Encapsulado (Vidrio para Quemacocos Chrysler HB):

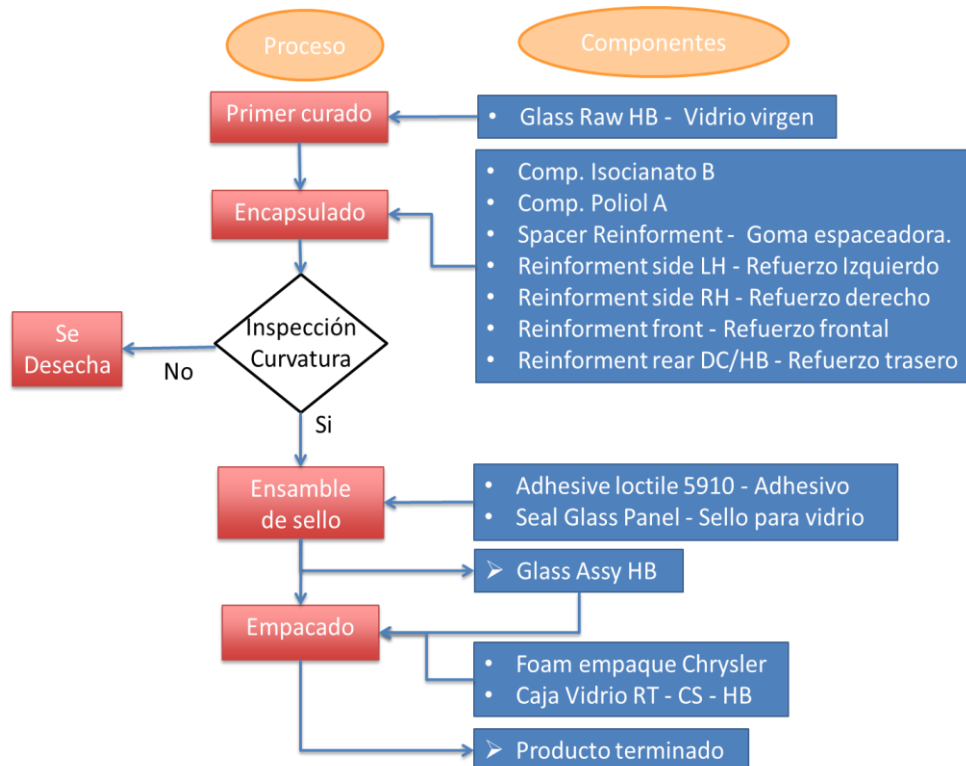


Imagen 7. Diagrama de proceso: Encapsulado, Agosto 2015. Elaboración propia.

## Diagrama de proceso: Quemacocos (Chrysler HB):

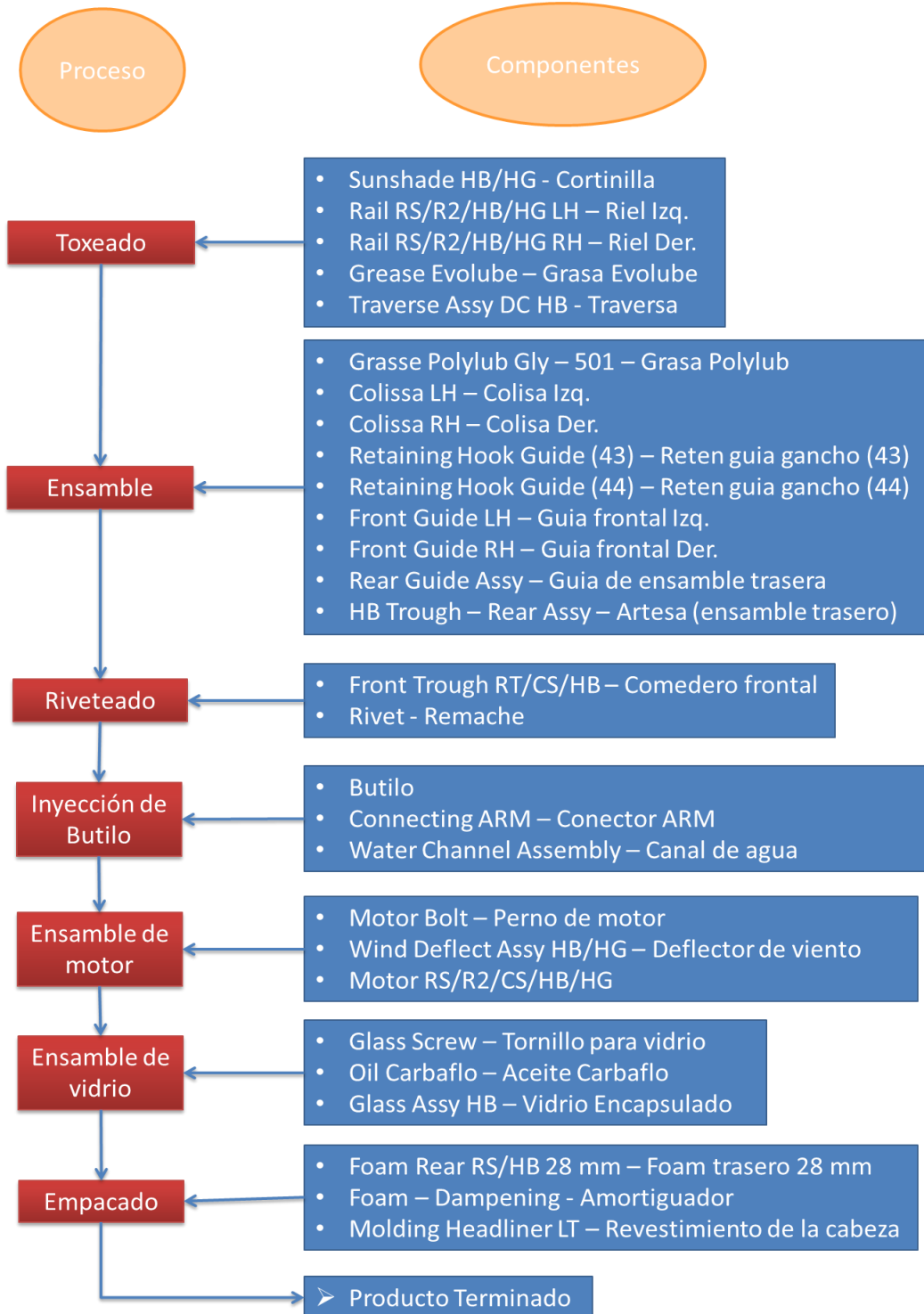


Imagen 8. Diagrama de proceso: Quemacocos, Agosto 2015. Elaboración propia.

## 1.9 Descripción del proceso Elevadores (VW)

### Diagrama del proceso de Construcción de elevadores VW México - NBC

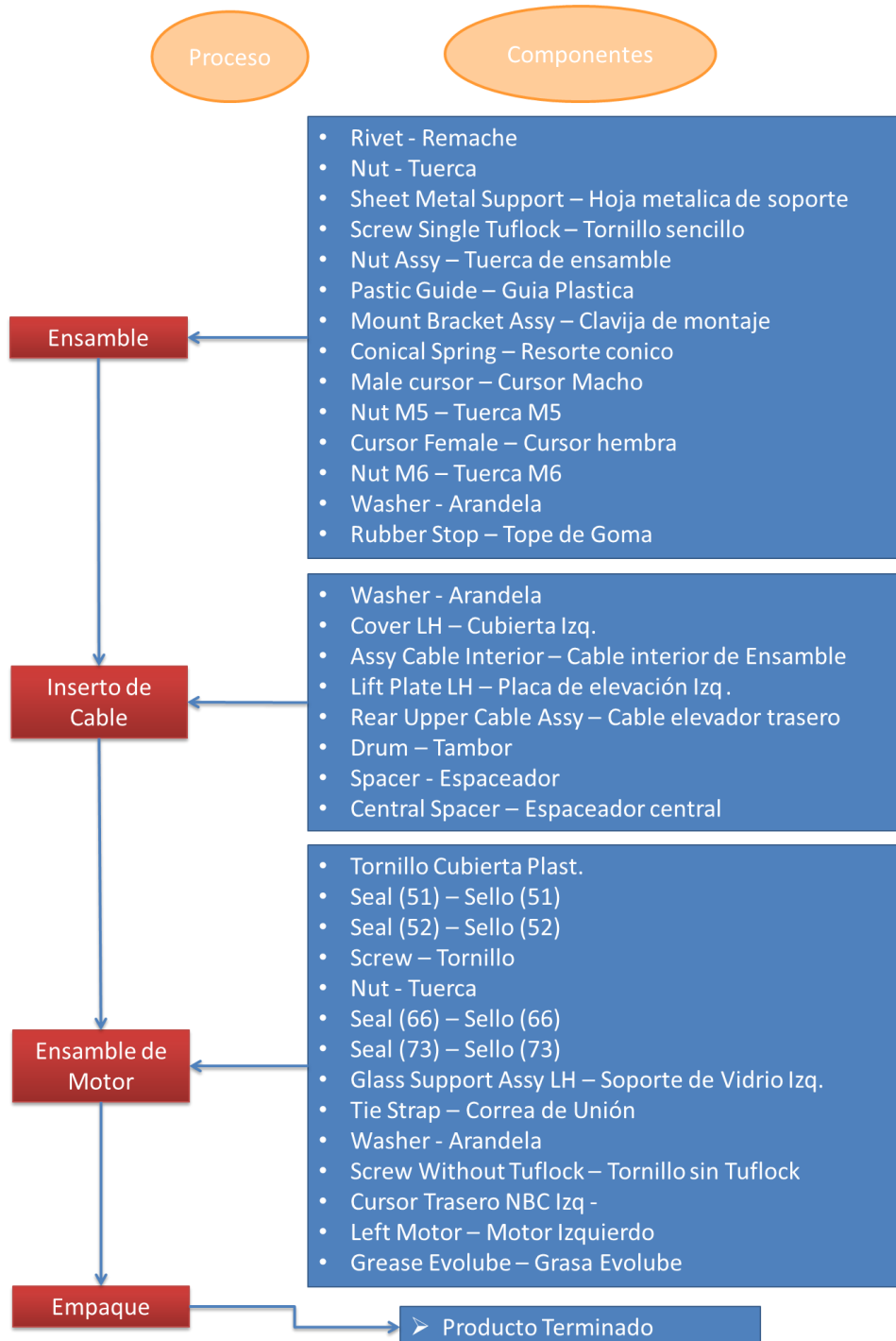


Imagen 9. Diagrama de proceso: Elevadores, Agosto 2015. Elaboración propia.

## CAPÍTULO 2 CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDOS (EOQ's)

Para poder entender el enfoque metodológico de éste proyecto es necesario definir los principales conceptos, su funcionamiento y su importancia, para ello se utilizaran las bases de autores relacionados a controles de inventarios, modelos matemáticos empleados en el control y administración de existencias al igual que de operaciones, al mismo tiempo se tomaran referencias de Investigación de Operaciones (IO), acotando los principales conceptos:

*Inventario:* Es la cantidad de existencias de un bien o recurso necesario, el cual se divide en *materias primas, productos terminados, componentes, abastos y materiales en proceso*. Para los casos de servicios, el inventario generalmente se refiere a los bienes tangibles que serán vendidos y a los abastos necesarios para brindar los servicios.

*Sistemas de inventarios:* es una estructura organizacional y políticas operaciones las cuales buscan mantener y controlar los niveles del inventario en existencia. El sistema se encarga de ordenar y recibir los artículos calculando los tiempos de entrega de los proveedores.

Los costos forman una parte fundamental dentro de todas las organizaciones, permite que la empresa tenga recursos para inversiones, salarios y mantenimientos. En concreto, existen costos relacionados principalmente a los inventarios divididos en las siguientes categorías:

*Costos por mantener el inventario.* Éstos costos incluyen las instalaciones de almacenaje, el manejo, el seguro, el hurto, los daños, la obsolescencia, la depreciación, los impuestos y el costo de oportunidad del capital. Evidentemente, como los costos por mantener un inventario son altos, es mejor tener inventarios pequeños y reabastecerlos con frecuencia.

*Costos de preparación (o cambio de producción).* La fabricación de cada producto distinto implica obtener los materiales necesarios, preparar el equipo de forma específica. Sin embargo, el cambio del producto en ocasiones baja la demanda genera la disminución de los niveles de los inventarios al igual que los costos.

*Costos de la orden.* Son los costos administrativos y de personal para preparar la orden de compra o de producción. Los costos de la orden incluyen infinidad de detalles, como contar los artículos y calcular las cantidades de la orden.

*Costos por desabasto.* Cuando las existencias de un artículo se agotan, cualquier orden por ese artículo debe esperar hasta que sea reabastecido o bien debe ser cancelada. A veces es difícil encontrar éste equilibrio porque tal vez no podamos estimar las ganancias y pérdidas, los efectos de los clientes que perdimos o las sanciones por los retrasos.

Existen dos tipos de *demandas, la dependiente y la independiente*, la característica que las diferencia es el tipo de relación que se tiene con otros productos, esto es, la independiente no tiene relación alguna con otro producto solicitado dentro del mismo pedido, a diferencia de la dependiente, ésta si un producto cambia de cantidad afecta inmediatamente a otro producto en cantidad.

Después de describir los conceptos que se van a utilizar es necesario mencionar la relación que existe con la IO, el cual tuvo su origen durante la Segunda Guerra Mundial, con el objetivo de mantener suministros de la industria bélica hasta las trincheras donde se libraba la batalla, sin olvidar el suministro de alimentos, ropa y servicio médico el cual no era fácil de conseguir considerando el conflicto que se libraba en aquellos tiempos.

*Hace hincapié en que la definición correcta del problema es la fase más importante (y más difícil) de practicar la IO. También se recalca que si bien el modelado matemático es la piedra angular de la IO, en la decisión final se deben tomar en cuenta factores incuantificables, como el comportamiento humano, [...] <sup>5</sup>*

---

<sup>5</sup> Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. Que es la investigación de operaciones. PP. 001

Hoy en día los sistemas son basados en las políticas empresariales por lo cual no todas las empresas tienen el mismo sistema de administración de inventarios, en las políticas se establecen los procesos productivos, personal, capacidad productiva e inventarios, servicios pos-venta, las cuales determinan el tipo de almacenamiento que se necesita. Para poder entender el funcionamiento de los tipos de inventarios dependemos en gran medida en las políticas empresariales como son dos casos siguientes:

### **Inventarios Cero (Justo a tiempo).**

Éstos sistemas de administración de inventarios fueron desarrollados por los japoneses a finales de la década de los 50's en la empresa automotriz Toyota Company. Principalmente se busca la reducción de inventarios al mínimo, y a través de la planeación de los inventarios los materiales llegan a planta justamente en el momento que se les necesita para su producción, con lo cual genera un mínimo de gasto en el almacenaje del material y el aumento en la productividad. Éste modelo fue adoptado por las armadoras de Estados Unidos, debido a que se popularizaron sus beneficios.

Otra de las características de éste sistema es el tiempo de entrega de las unidades producidas, pues el tiempo es casi inmediato al cliente, evitando así el almacenaje de unidades.

Sin embargo el sistema anteriormente mencionado es sólo un modelo matemático muy popular a nivel global, para ello es necesario mencionar que existen dos categorías: modelos determinísticos y modelos estocásticos, depende mucho de la posibilidad de predecir la demanda.

El *modelo de inventarios determinísticos* se utiliza cuando puedes determinar con precisión la demanda en un periodo determinado, ésto es, se puede pronosticar con exactitud la demanda con gran precisión.

El *modelo de inventarios estocásticos* consiste en que no se puede determinar con exactitud la demanda, pues no tiene una tendencia y los requerimientos son muy variables lo cual impide pronosticar la demanda.

## 2.1 Modelos de inventario determinístico.

Este modelo busca un nivel de inventario que esté balanceado entre las cantidades el exceso y la escasez dentro del inventario, de tal manera que no existan demasiados artículos que aumenten el costo de almacenaje ni tampoco haya una cantidad tan baja que genere una interrupción en la producción y/o ventas.

La base del modelo de inventario es la siguiente función de costo genérica:

$$\left( \begin{array}{c} \text{Costo} \\ \text{total del} \\ \text{inventario} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{compra} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{preparación} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{Costo de} \\ \text{retención} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{Costo por} \\ \text{escasez} \end{array} \right)$$

1. *El costo de compra es el precio por unidad de un artículo de inventario. En ocasiones, el artículo se ofrece con un descuento si el tamaño del pedido excede una cantidad determinada, lo cual es un factor al momento de tomar la decisión de cuánto pedir.*
2. *El costo de preparación representa el cargo fijo en que se incurre cuando se coloca un pedido (no importa su tamaño).*
3. *El costo de retención (almacenamiento) representa el costo de mantener las existencias de algo. Incluye el interés sobre el capital y el costo del almacenamiento, mantenimiento y manejo.*
4. *El costo por escasez (faltante) es la penalización en que se incurre cuando se agotan las existencias. Incluye la pérdida potencial de ingresos, la interrupción de la producción y el costo subjetivo de pérdida de lealtad del cliente.<sup>6</sup>*

Este sistema requiere de revisiones constantes (semanales, mensuales, etc.), tanto los pedidos como los niveles de inventarios, lo cual permite colocar un punto de

---

<sup>6</sup> Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. Modelos de inventario P.P. 457

volver a pedir en específico, cual determina un nivel de cantidades de materiales en el almacén.

Los costos de preparación incluyen los costos de todas las actividades que requieren la emisión de una orden de producción o de una orden de compra. Incluyen los costos de formular el pedido, preparar las especificaciones, registrar el pedido, hacer el seguimiento del mismo, procesar las facturas o informes de la planta y preparar el pago.

*Cuando el personal de preparación no opera algún equipo, tiene sustancialmente menos de una carga de trabajo normal y debe mantenerse dentro de la nómina en cualquier caso, pues el trabajo de preparación es un costo oculto.<sup>7</sup>*

### **2.1.1 El papel de la demanda en el desarrollo del modelo de inventarios.**

La demanda influye significativamente en ambos modelos (determinísticos y probabilísticos), debido a que puede variar en un periodo dado, este puede ser anual, mensual, semanal o incluso diario.

Sin embargo, en la práctica la demanda puede tener cuatro tipos de comportamiento:

- ❖ Determinístico y constante (estático) con el tiempo.
- ❖ Determinístico y variable (dinámico) con el tiempo.
- ❖ Probabilístico y estacionario a lo largo del tiempo.
- ❖ Probabilístico y no estacionario a lo largo del tiempo.

Principalmente se busca balancear la sencillez y la precisión del modelo, teniendo en cuenta las cuatro características de comportamiento de la demanda (el primer tipo la más sencilla y la última la más compleja),

---

<sup>7</sup> FOGARTY, D. (2004). Administración de la producción e inventarios. PP. 214-215

Calculando así la demanda, utilizando las ecuaciones para obtener la media (promedio) y la desviación estándar del consumo durante un periodo determinado a través del coeficiente de variación.

$$V = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Media}} \times 100$$

Con ésta sencilla fórmula se determinan varias características del comportamiento de la demanda al igual que sus promedios (media) y sus variaciones (coeficiente de variación V):

1. En el caso de que la demanda se comporte de una manera promedio (registrada a lo largo de varios períodos) es “de manera aproximada” constante y V es razonablemente pequeño (<20%), entonces la demanda puede considerarse determinística y constante.
2. Si la demanda se comporta de una manera considerablemente constante entre los diferentes períodos pero V permanece razonablemente pequeño en todos los períodos, entonces la demanda puede considerarse determinística pero variable.
3. Si en el caso 1 V es alto (>20%) pero aproximadamente constante, entonces la demanda es probabilística y estacionaria.
4. La demanda probabilística no estacionaria, la cual ocurre cuando los promedios y los coeficientes de variación varían apreciablemente periodo a periodo.

### **2.1.2 Modelo estocástico de cantidad de pedido económico (EOQ)**

Existen tres principales modelos, los cuales son muy sencillos analíticamente hablando, sin embargo son de un impacto significativo.

#### **2.1.2.1 Modelo EOQ clásico.**

Para este modelo se considera una demanda constante con reposición de pedidos instantáneos y sin escasez, considerando los siguientes parámetros:

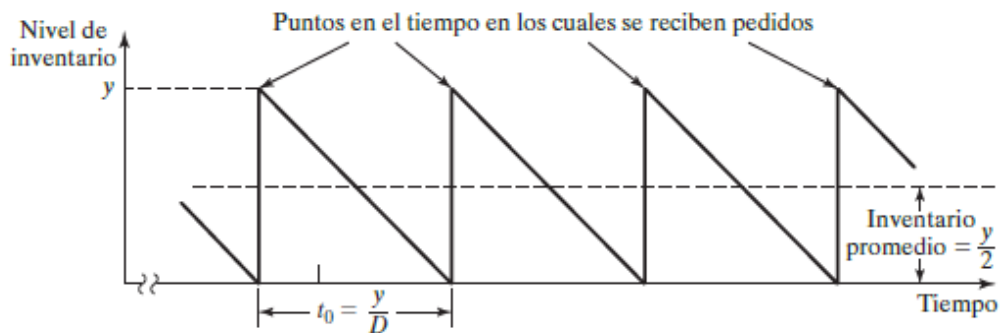
$y =$  Cantidad de pedido (número de unidades)

$D =$  Tasa de demanda (unidades por unidad de tiempo)

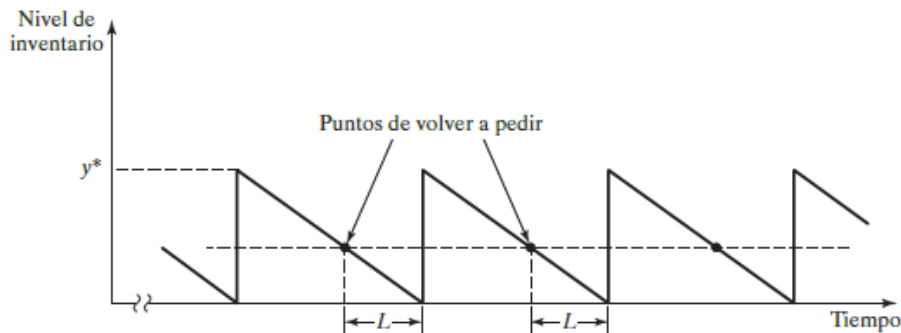
$t_0 =$  Duración del ciclo de pedido (unidades de tiempo)

A este modelo considera una demanda constante de forma descendente, cuando los inventarios llegan a cero se genera un nuevo requerimiento al proveedor con una cantidad mínima de pedido, para calcular el tiempo que tarda en llegar a cero el inventario se calcula con la siguiente ecuación:

$$t_0 = \frac{y}{D}, \quad \text{unidades de tiempo}$$



Gráfica 1. Patrón de inventario en el modelo EOQ clásico.



Gráfica 2. Punto de volver a pedir en el modelo EOQ clásico.

Cómo anteriormente se mencionaba, parte de los modelos en el control de los inventarios es considerar los costos involucrados que afectan directamente al precio en manejo y posteriormente en venta.

$K =$  Costo de preparación asociado con la colocación de un pedido (\$ por pedido)

ó costo de preparación anual

$$\text{Costo por preparación anual} = \frac{CPA + CPMS + CSER}{\text{Pedidos totales}}$$

CPA = Costo de los agentes de compras (dentro del proyecto se considera el suelo del planeador y del comprador anualmente)

CPMS = Costo del gerente de compras y personal de oficinas.

CSER = Costo de los servicios (costo de copiado, comunicaciones y suministros misceláneos).<sup>8</sup>

$h = \text{Costo de retención (\$ por unidad de inventario por unidad de tiempo)}$

*El costo de retención o almacenamiento dependen de los costos variables y del valor del inventario, para calcularlos es necesario considerar los siguientes costos<sup>9</sup>:*

*IN = Instalaciones*

*PMM = Personal de Manejo de Materiales*

*MTTOM = Mantenimiento de equipos*

*MTTOB = Mantenimienot de edificio*

*PS = Personal de Seguridad*

*VI = Valor del Inventario*

$$h = \frac{IN + PMM + MTTOM + MTTOB + PS}{VI}$$

Determinando el promedio del inventario como  $\frac{y}{2}$ , tomando como *costo total por unidad de tiempo* (TCU).

Buscando el costo total por unidad de tiempo en la siguiente ecuación:

*TCU (y) = Costo de preparación por unidad de tiempo  
+ Costo de retención por unidad de tiempo*

Considerando el ciclo de un tiempo determinado se puede observar el siguiente despeje:

$$TCU (y) = \frac{\text{Costo de preparación} + \text{Costo de retención por ciclo } t_0}{t_0}$$

---

<sup>8</sup> FOGARTY, D. (2004). Administración de la producción e inventarios. PP. 229

<sup>9</sup> FOGARTY, D. (2004). Administración de la producción e inventarios. PP: 219

Recordando los conceptos anteriormente mencionados se considera como “k” el costo de preparación y el costo de retención por ciclo es  $h\left(\frac{y}{2}\right)t_0$ , a continuación el despeje:

$$TCU(y) = \frac{k + h\left(\frac{y}{2}\right)t_0}{t_0}$$

Considerando las operaciones anteriores, el tiempo ciclo se puede expresar de la siguiente manera:

$$TCU(y) = \frac{K}{\left(\frac{y}{D}\right)} + h\left(\frac{y}{2}\right)$$

Considerando que para obtener el valor minimizado de  $TCU(y)$  es necesario considerar que es constante para poder realizar la minimización a través de la derivación de la misma.

$$\frac{dTCU(y)}{dy} = -\frac{kD}{y^2} + \frac{h}{2} = 0$$

Después de la derivación anterior se obtiene el despeje para obteniendo el valor de “y”:

$$y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Ésta fórmula va a calcular la cantidades de piezas que se van a necesitar durante un ciclo determinado, siempre teniendo como base la política de inventarios, otra de las características es el nivel de pedido al promedio del inventario actual, de esta manera se busca que los inventarios no lleguen a cero teniendo siempre una cantidad mínima constante.

#### **2.1.2.1.1 EOQ con reducciones de precios**

Este modelo utiliza la misma base que la formula anterior, la diferencia está en la variación del precio con respecto al pedido. Considerando el precio de compra unitario se obtiene “c”:

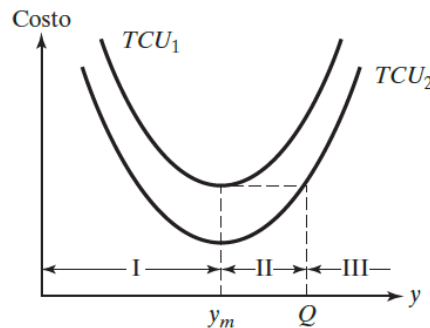
$$c = \begin{cases} c_2, & \text{si } y < q \\ c_1, & \text{si } y \geq q \end{cases}; c_1 > c_2$$

$$\text{Costo de compra por unidad de tiempo} = \begin{cases} \frac{c_1 y}{t_0} = \frac{c_1 y}{\left(\frac{y}{D}\right)} = Dc_1, & y \leq q \\ \frac{c_2 y}{t_0} = \frac{c_2 y}{\left(\frac{y}{D}\right)} = Dc_2, & y > q \end{cases}$$

Teniendo así el costo total por unidad de tiempo:

$$TCU(y) = \begin{cases} TCU_1(y) = Dc_1 + \frac{KD}{y} + \frac{h}{2}y, & y \leq q \\ TCU_2(y) = Dc_2 + \frac{KD}{y} + \frac{h}{2}y, & y > q \end{cases}$$

La forma del comportamiento de la función de costos de inventarios con reducción de precio.



Gráfica 3. Función de costo del inventario con reducción del precio.

Se considera que  $y_m$  es una constante, por lo cual se puede calcular:

$$y_m = \sqrt{\frac{2kD}{h}}$$

La determinación de la cantidad de pedido óptima  $y^*$  depende de dónde queda el punto de reducción de precios,  $q$ , con respecto a las zonas I, II y III, delineadas en la Imagen 11 por los intervalos  $(0, y_m)$ ,  $(y_m, Q)$  y  $(Q, \infty)$ , respectivamente. El valor de  $Q$  ( $y_m$ ) se determina a partir de la ecuación.

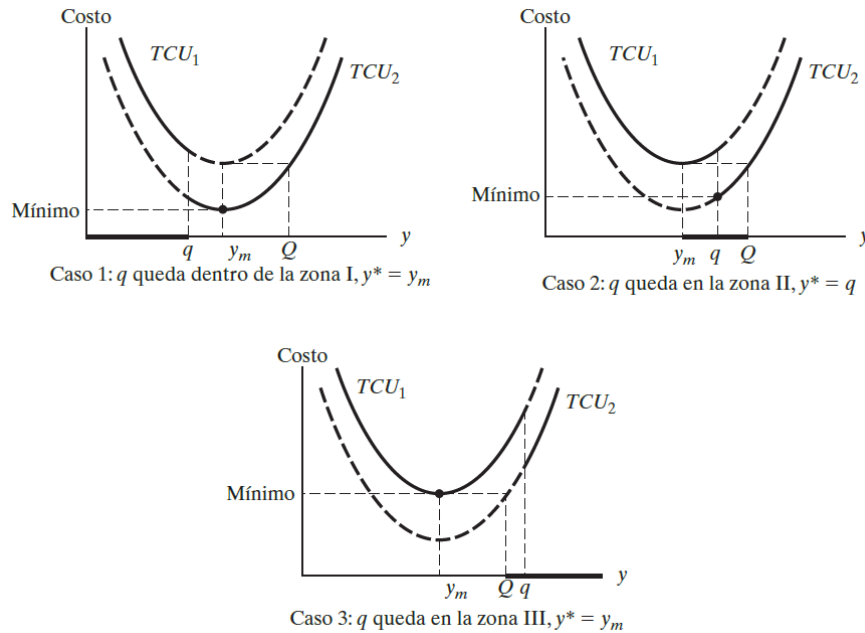
Considerando  $TCU_2(Q) = TCU_1(y_m)$

Realizando el correspondiente despeje se llega a:

$$Q^2 + \left( \frac{2(c_2 D - TCU_1(y_m))}{h} \right) Q + \frac{2kD}{h} = 0$$

$$y^* = \begin{cases} y_m, & \text{si } q \text{ se encuentra en las zonas I o III} \\ q, & \text{se encuentra en la zona II} \end{cases}$$

Gráficamente podemos considerar las siguientes 3 alternativas:



Gráfica 4. Solución óptima de los problemas de inventario con reducción de precio

### 2.1.2.2 Cantidad de pedido económica (EOQ) de varios artículos con limitación de almacenamiento.

Éste modelo toma en cuenta la variación de varios artículos y sus constantes cambios (dependientes e independientes), siguiendo un patrón como el modelo EOQ clásico, sin embargo tienen la restricción de un espacio limitado de almacenamiento.

Contemplando los siguientes factores:

$D_i =$  Tasa de demanda

$K_i =$  Costo de preparación

$h_i =$  Costo de retención unitario por unidad de tiempo

$y_i =$  Cantidad de pedido

$a_i =$  Requerimiento de área de almacenamiento por unidad de inventario

$A =$  Área de almacenamiento máxima disponible para todos los "n" artículos

Conforme a la suposición de no permitir faltantes, el modelo matemático que representa la situación de los inventarios se da como:

$$\text{Minimizar } TCU(y_1, y_2, \dots, y_n) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{K_i D_i}{y_i} + \frac{h_i y_i}{2} \right)$$

Sujeto a

$$\sum_{i=1}^n a_i y_i \leq A$$

$$y_i > 0, i = 1, 2, \dots, n$$

Para resolver el problema, primero se determina la situación no restringida:

$$y^*_i = \sqrt{\frac{2K_i D_i}{h_i}}, i = 1, 2, \dots, n$$

Si la situación satisface la restricción, entonces el proceso termina. De lo contrario, la restricción es obligatoria y debe ser activada.

### 2.1.3 Modelos dinámicos de cantidad de pedido económica (EOQ)

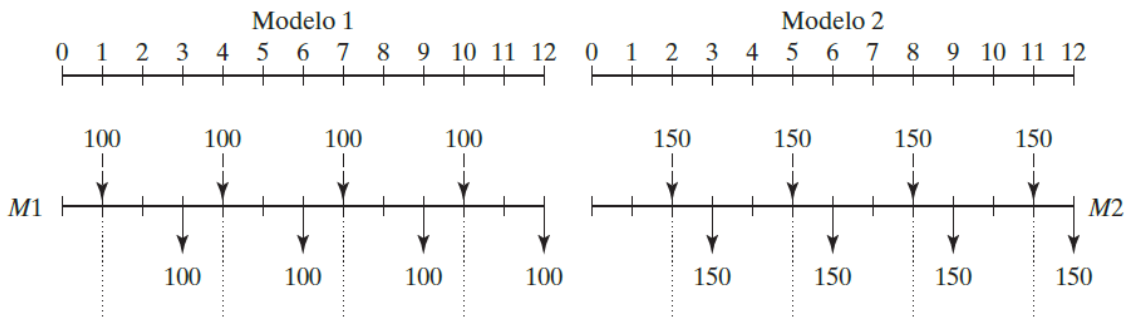
A diferencia de los modelos estocásticos este tipo de modelos tiene dos principales características:

1. El nivel del inventario se revisa periódicamente a lo largo de un número finito de períodos iguales.
2. La demanda por período, aún cuando es determinística, es dinámica, en cuanto varía de un período al siguiente.

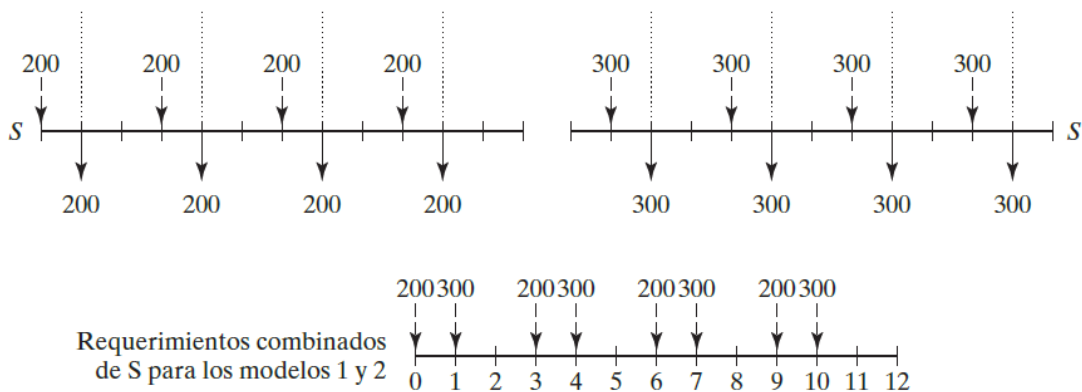
Para éste modelo la demanda determinística dinámica es la planeación de requerimiento de materiales (MRP, por sus siglas en inglés).

Para éste modelo se determinan cantidades constantes en un periodo determinado, considerando que éste período se segmenta con fechas de entrega promesa. Considerando varios productos al mismo tiempo de entrega. Dentro de los costos en los que se incurre para la producción de este se contemplan de forma independiente los costos de preparación.

La siguiente figura muestra los programas de producción para M1 y M2. Los programas se inician con la demanda trimestral de los dos modelos (mostrada por flechas sólidas) que ocurre al final de los meses 3, 6, 9 y 12. Dados los tiempos de espera para M1 y M2, las flechas de rayas muestran los inicios planeados de cada lote de producción.



Gráfica 5. Ejemplo de demanda dinámica genérica por MRP – Gráfica M



Gráfica 6. Ejemplo de demanda dinámica genérica por MRP – Gráfica S

Para iniciar a tiempo la producción de los dos modelos, la entrega del sub-ensamble S debe coincidir con la ocurrencia de las flechas de rayas M1 y M2. Esta información se muestra por medio de las flechas sólidas en la gráfica S, donde la demanda S resultante es de 2 unidades por unidad de M1 y M2. Utilizando un tiempo de espera de un mes, las flechas de rayas en la gráfica S (*Imagen 14*) dan los programas de producción de S. De acuerdo con éstos dos programas, la demanda combinada de S correspondiente a M1 y M2 puede determinarse entonces como se muestra en la

parte inferior de la figura superior. La demanda variable pero conocida resultante de S es típica de la situación, donde aplica la EOQ dinámica.

En ésta sección se presentan dos modelos. El primero asume que no hay costo de preparación (de pedido), y el segundo asume que sí lo hay. Esta variación aparentemente “pequeña” hace la diferencia en la complejidad del modelo.

### **2.1.3.1 Modelos de EOQ sin costo de preparación.**

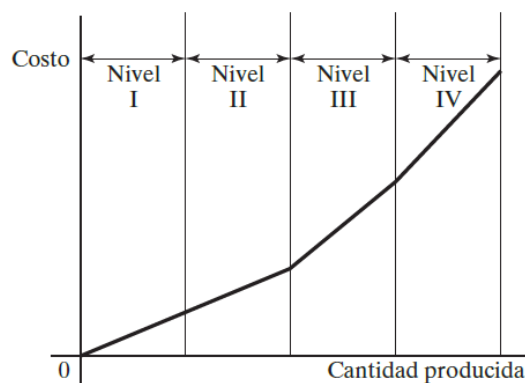
Es un modelo donde se planifica “n” cantidades de períodos. Cada uno de los períodos cuenta con niveles de producción (el tiempo regular y el tiempo extra son niveles de producción), éstos pueden ser uno o varios niveles.

Un período puede tener la capacidad de satisfacer más de una demanda y en ocasiones puede generar costo de retención.

Teniendo en cuenta que pueden haber los siguientes casos:

1. No se incurre en costo de preparación en ningún periodo.
2. No se permite que haya faltantes.
3. La función de costo de producción unitario en cualquier periodo es constante o tiene costos marginales crecientes (convexos).
4. El costo de retención unitario en cualquier periodo es constante.

La falta de componentes genera un incumplimiento en la demanda presente y futura. Lo cual genera que la capacidad de producción sea igual o suficientemente robusta como para producir la demanda acumulada debido al faltante.



Gráfica 7. Función de costo de producción unitaria convexa.

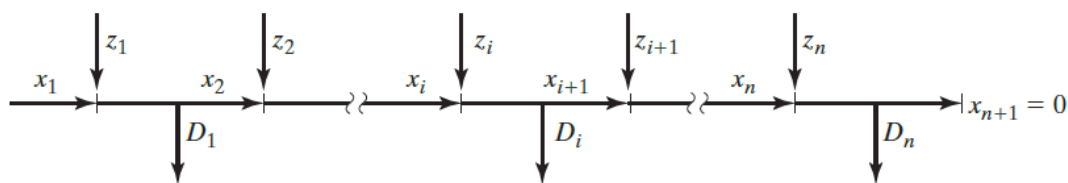
La imagen superior (*Gráfica7*) muestra la función de costo de producción unitario con márgenes crecientes. Por ejemplo, la producción durante el tiempo regular y el tiempo extra corresponde a dos niveles donde el costo de producción unitario durante el tiempo extra excede al del tiempo regular.

Considerando un caso de transporte, podemos considerar como “ $K$ ” es el número de niveles de producción por período. El costo de “transporte” es la suma de costos de producción y retención aplicables por unidad. Considerado como un problema de transporte para poder determinar las cantidades de producción a un costo mínimo en cada nivel de producción.

### **2.1.3.2 Modelo de EOQ con costo de preparación.**

En esta situación no se permiten faltantes, y se incurre en un costo de preparación cada vez que se inicia un nuevo lote de producción. Se presentarán dos métodos de solución: un algoritmo de programación exacta dinámica y una heurística.

En el siguiente gráfico se presenta el comportamiento de los inventarios, considerando  $i = 1, 2, \dots, n$ .



*Gráfica 8. Elemento del modelo de inventario dinámico con costo de preparación.*

$z_i =$  Cantidad pedida

$D_i =$  Demanda durante el periodo

$x_i =$  Inventario de inicio del periodo  $i$

Los elementos de costos de situaciones se define como:

$K_i =$  Costos de preparación en el período  $i$

$h_i = \text{Costos de retención de inventario unitario del período } i \text{ a } i + 1$

La función de costos de producción asociado para el período  $i$  es:

$$C_i(z_i) = \begin{cases} 0, & z_i = 0 \\ K_i + C_i(z_i), & z_i > 0 \end{cases}$$

La función  $C_i(Z_i)$  es la función de costo de producción marginal, dada  $Z_i$

**Algoritmo de programación dinámica general.** Sin faltantes, el modelo de inventario se basa en minimizar la suma de los costos de producción y retención en los “ $n$ ” períodos. A fin de simplificar, supondremos que el costo de retención en el período  $i$  se basa en el inventario de final de período, definido como

$$x_{i+1} = x_i + z_i - D_i$$

Para la ecuación recursiva hacia adelante, o de avance, el *estado* en la *etapa* (período)  $i$  se define como  $x_{i+1}$ , el nivel del inventario al final del período. En el caso extremo, el inventario restante,  $x_{i+1}$ , puede satisfacer la demanda en todos los períodos restantes; es decir,

$$0 \leq x_{i+1} \leq D_{x+1} + \dots + D_n$$

Sea  $f_i(x_{i+1})$  el costo mínimo del inventario para los períodos 1, 2, ..., e  $i$  dado el inventario al final del período  $x_{i+1}$ . La ecuación recursiva hacia adelante es:

$$f_1(x_2) = \min_{z_1=D_1+x_2-x_1} \{C_1(z_1) + h_1x_2\}$$

$$f_1(x_{i+1}) = \min_{0 \leq z_i \leq D_i + x_{i+1}} \{C_i(z_i) + h_i x_{i+1} + f_{i-1}(x_{i+1} + D_i - z_i)\}, i = 2, 3, \dots, n$$

Durante el período 1,  $z_1$  es exactamente igual a  $D_1 + x_2 - x_1$ . Para  $i > 1$ ,  $z_1$  puede ser cero porque  $D_1$  puede satisfacerse a partir de la producción en periodos precedentes.

**Algoritmo de programación dinámica con costos marginales constantes o decrecientes.**

La programación dinámica general dada antes es aplicable con cualquier función de costo. Ésta generalización dicta que el estado  $x_i$  y las alternativas  $z_i$  en la etapa  $i$

asumen los valores de incrementos de 1, lo que podría dar lugar a tablas grandes cuando las cantidades demandadas son grandes.

Un caso especial del modelo de PD general promete reducir el volumen de los cálculos. En ésta situación especial, tanto el costo de producción unitario como los costos de retención unitarios son funciones no crecientes (cóncavas) de la cantidad de producción y el nivel del inventario, respectivamente. Ésta situación suele ocurrir cuando la función de costo unitario es constante o si se permite el descuento por cantidad.

En las condiciones dadas, se puede demostrar que:

1. Dado que un inventario inicial cero ( $x_i$ ) es óptimo para satisfacer la demanda en cualquier período  $i$  o con una nueva producción con inventario entrante, pero nunca con ambos; es decir,  $z_i x_i = 0$ . (En el caso de inventario inicial positivo  $x_1 > 0$ , la cantidad puede optimizarse con la demanda de los períodos sucesivos hasta que se agote.)
2. La cantidad óptima de producción óptima,  $z_i$ , durante el período  $i$  debe ser cero o satisfacer la demanda exacta de uno o más períodos subsistentes contiguos.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. PP. 481

## 2.2 Modelo determinístico con revisión periódica.

Para éste tipo de análisis se considera la demanda es constante. Cuando la demanda deja de serlo el modelo ya no se considera recomendable su implementación.

Para éste modelo se debe considerar la planeación de producción en períodos para reabastecer cada uno de ellos, considerando así los siguientes factores:

$r_i$  = demanda en el periodo  $i$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

El principal enfoque es satisfacer a tiempo la demanda, a pesar de no tener un inventario inicial es necesario considerar los siguientes costos:

$K$  = costo de preparación para producir u ordenar artículos para reabastecer el inventario al inicio del periodod.

$c$  = costo unitario de producción u ordenar cada artículo

$h$

= costo de mantener en inventario cada artículo que queda al final del periodo.

El costo de “ $h$ ” se considera como el inventario al final del período. Es necesario mencionar el costo de mantener el material resguardado y ser utilizado posteriormente. Considerando así la demanda variable, ésto debido a que afectan a la política.

Según el mismo razonamiento, el costo unitario  $c$  es un costo fijo irrelevante porque, durante todos los períodos, todas las políticas de inventarios producen el mismo número de unidades al mismo costo. Por lo tanto, en adelante  $c$  se eliminará del análisis considerando el principal objetivo de minimizar los costos totales y su implementación posteriormente para evitar.

### 2.3 Modelo estocástico con revisión continúa.

En éste modelo se considera una revisión constante de niveles de inventarios, por lo que una orden se coloca en cuanto el nivel de inventario llega al punto de reorden.

Éste sistema básicamente funciona con dos contenedores, el contenedor uno tiene la cantidad suficiente de reorden, posteriormente cuando el contenedor dos se vacía por completo se emite una nueva solicitud de orden de pedido.

Este sistema monitorea y registra las entradas y salidas de material, por lo cual se tiene un mejor control, cuando llega al nivel de reorden se emite un nuevo pedido.

Para ello se consideran dos principales factores:

$R$  = Punto de reorden

$Q$  = Cantidad por ordenar

Para el administrador de productos terminados se considera un punto de reorden para construir una cantidad “ $Q$ ”. Tomando en cuenta para el proveedor envíe una cantidad “ $Q$ ” para su producción.

Considerando la política de inventarios: siempre que el nivel de inventarios llegue a “ $R$ ” unidades, se coloca una nueva orden de “ $Q$ ” cantidades para reabastecerlo.

Éste tipo de modelo se denomina *Política de punto de reorden*. Adicional a esto, cuenta con supuestos muy generalizados que son importantes mencionar:

1. Cada implementación de éste modelo se refiere a un solo producto.
2. El nivel de inventario está bajo revisión continua, por lo que su valor actual se conoce.
3. Debe usarse una política ( $R, Q$ ), por lo cual las únicas decisiones que deben tomarse son las selecciones de  $R$  y  $Q$ .
4. Existe un tiempo de entrega entre la colocación de una orden y la recepción de la cantidad ordenada. Éste tiempo de entrega puede ser fijo o variable.

5. La demanda para retirar unidades del inventario y venderlas (o usarlas de otro modo) durante éste tiempo de entrega es incierta. Sin embargo, se conoce (o se puede estimar) la distribución de probabilidad de la demanda.
6. Si ocurren faltantes antes de recibir la orden, el exceso de demanda queda pendiente, de manera que estos faltantes se satisfacen cuando llega la orden.
7. Se incurre en costo de preparación (denotado por  $K$ ) cada vez que se coloca una orden.
8. Excepto por este costo fijo, el costo de la orden es proporcional a la cantidad  $Q$ .
9. Se incurre en un costo de mantener (denotado por  $h$ ) por cada unidad en inventario por unidad de tiempo.
10. Cuando ocurren faltantes, se incurre en cierto costo por faltantes (denotado por  $p$ ) por cada unidad que falta por unidad de tiempo hasta que se satisface la demanda pendiente.

En realidad, todos éstos supuestos son congruentes con ese modelo, con la única excepción clave del supuesto 5. En lugar de tener demanda incierta, ese modelo supone una demanda conocida con una tasa fija.

Considerando las similitudes de ambos modelos es necesario poder diferenciar uno del otro; en el modelo anterior podemos ver que se consideraba una cobertura de cierto tamaño en el inventario, ésto debido a que la demanda tiene constantes variaciones.

### 2.3.1 Elección de la cantidad de la orden $Q$

Para poder definir  $Q$  es necesario calcularlo con la siguiente fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2dK}{h}} \sqrt{\frac{p+h}{p}}$$

Considerando  $d$  es la demanda promedio en determinado tiempo,  $K$ ,  $h$ ,  $p$  están definidos en los supuestos 7, 9 y 10.

Hay que mencionar que al calcular  $Q$  no implica una cantidad exacta, sin embargo es una aproximación del dato más cercano a la cantidad necesario de  $Q$ .

### 2.3.2 Elección del punto de reorden $R$

$R$  siempre va a depender del nivel de servicio que se desee para cubrir la demanda.

#### Medidas alternativas del nivel de servicio:

1. Probabilidad de que ocurra un faltante entre la colocación de la orden y la recepción del pedido.
2. Número promedio de faltantes por año.
3. Porcentaje promedio de la demanda anual que se satisface de inmediato (sin faltantes).
4. Retraso promedio para satisfacer las órdenes pendientes cuando ocurre un faltante.
5. Retraso promedio global para satisfacer las órdenes (donde el retraso sin faltantes es 0).

Éstas medidas están interrelacionadas, incluso se ve la relación entre las dos primeras medidas, ambas permite determinar la frecuencia de pedidos en un año (o tiempo determinado), tomando en cuenta las piezas necesarias para evitar faltantes en un lapso dado.

Haciendo la combinación entre la medida 2 y 3 se define el tiempo disponible de material, tomando en cuenta las piezas actuales y el porcentaje anual, considerando así un pronóstico de cumplimiento.

Si la distribución de la probabilidad de " $D$ " (demanda) es uniforme en el intervalo de " $a$ " a " $b$ ", entonces:

$$R = a + L(b - a)$$

Porque entonces,

$$P(D \leq R) = L$$

Como la media de la distribución es:

$$E(D) = \frac{a + b}{2}$$

Teniendo:

$$\text{Inventario de seguridad} = R - E(D) = a + L(b - a) - \frac{a + b}{2}$$

$$= \left(L - \frac{1}{2}\right)(b - a)$$

Considerando las siguientes variables como:

L: probabilidad deseada por la administración de que no ocurran faltantes en el lapso entre colocar una orden y recibirla.

D: Demanda durante el tiempo de entrega para satisfacer la orden

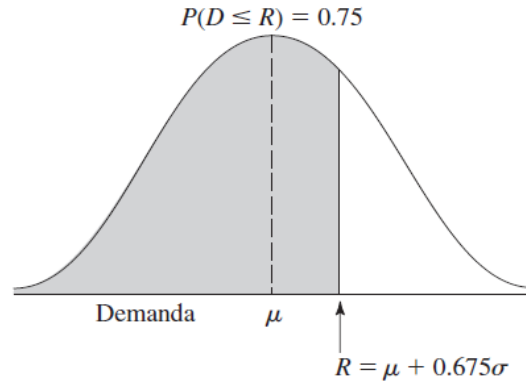
### **Procedimiento general para elegir R con la medida 1 de nivel de servicio.**

Inicialmente seleccionamos “L”, para poder despejar “R” para obtener el siguiente despeje:

$$P(D \leq R) = L$$

Considerando que D tiene una distribución normal, con media  $\mu$  y la varianza  $\sigma^2$ . Teniendo la siguiente fórmula se busca el valor de  $K_{1-L}$  y después sustituirlo en la siguiente ecuación para calcular “R”.

$$R = \mu + K_{1-L}\sigma$$



Gráfica 9. Distribución de la demanda según el Modelo Estocástico.

Cálculo del punto de reorden  $R$  según el modelo estocástico con revisión continua, cuando  $L = 0.75$  y la distribución de probabilidad de la demanda en el tiempo de entrega es una normal con media  $\mu$  y desviación estándar  $\sigma$

Calculando el inventario de seguridad que se obtiene es:

$$\text{Inventario de seguridad} = R - \mu = K_{1-L}\sigma$$

Teniendo el siguiente caso:

Considerando  $L = 0.75$ , entonces  $K_{1-L} = 0.675$  y  $R = \mu + 0.675\sigma$

Por lo cual consideramos el inventario seguro es  $0.675\sigma$ <sup>11</sup>

<sup>11</sup> Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. PP. 812

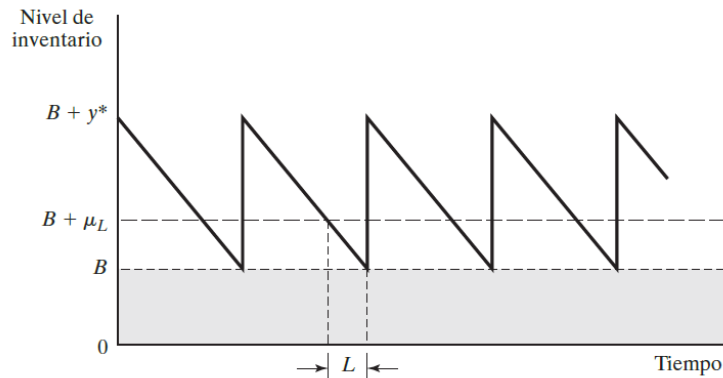
## 2.4 Modelos de inventario probabilístico.

### 2.4.1 Modelo de revisión continúa

#### 2.4.1.1 Modelo EOQ probabilizado

Éste es el modelo más aproximado a la realidad. El período crítico durante el ciclo de período ocurre entre el ciclo de inventario, la localización y la recepción de pedidos.

Se considera un lapso determinado dentro del cual se contempla que no se generen faltantes, generalmente conocidas como existencias de seguridad.



Gráfica 10. Existencia de reserva,  $B$ , impuestas al modelo EOQ clásico.

La Gráfica 10 presenta los parámetros del modelo EOQ determinístico, tomando en cuenta " $L$ ": la demanda promedio durante un período determinado y  $\mu_L$ : la cantidad económica de pedido.

Se le considera con un comportamiento normal con media " $D$ " y desviación estándar  $\sigma$ ; es decir,  $N(D, \sigma)$ , la demanda durante tiempo de espera,  $\mu_L = DL$  y desviación estándar  $\sigma_L = \sqrt{L\sigma^2}$ . La fórmula para  $\sigma_L$  supone que " $L$ " es (representado de forma aproximada si es necesario por) un valor entero.

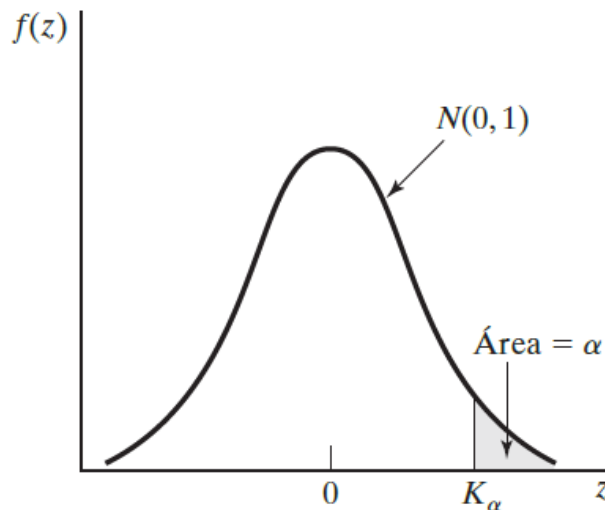
El tamaño de las existencias de reserva  $B$  se determina de modo que la probabilidad de faltantes durante  $L$  sea a lo sumo  $\alpha$ . Si  $x_L$  es la demanda durante el tiempo de espera  $L$ , entonces

$$P\{x_L \geq B + \mu_L\} \leq \alpha$$

Utilizando  $N(0,1)$ ,  $z = \frac{x_L - \mu_L}{\sigma_L}$  se obtiene:

$$P\left\{z \geq \frac{B}{\sigma_L}\right\} \leq \alpha$$

Definiendo el parámetro  $\sigma_L K_\alpha$  proporciona el valor mínimo de B.<sup>12</sup>



Gráfica 11. Probabilidad de que se agoten las existencias,  $P\{z \leq K_\alpha\} = \alpha$

#### 2.4.1.2 Modelo EOQ probabilístico

Éste modelo depende en gran medida de la naturaleza de la demanda, pues se basa de una manera más incluyente en los eventos aleatorios de faltantes, incrementos o disminuciones de demandas y busca principalmente disminuir los costos de retención. Para poder comprender mejor esta situación es necesario considerar las 3 características en las que se basa este modelo:

1. La demanda no satisfecha durante el tiempo de espera se pone en rezago.
2. No se permite más de un pedido pendiente.

<sup>12</sup> Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. PP. 555

3. La distribución de la demanda durante el tiempo de espera permanece estacionaria en el tiempo.

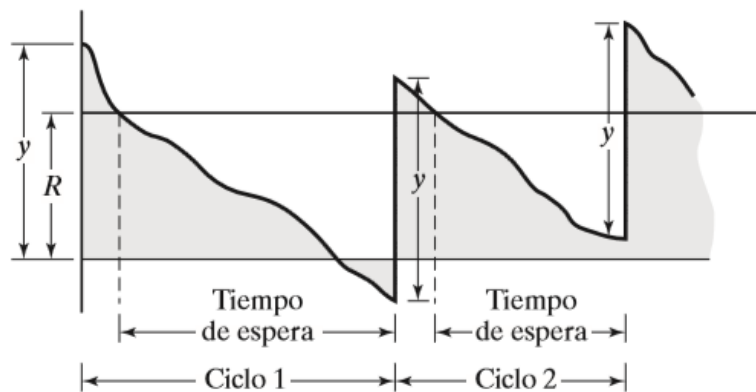
$f(x)$  = Función de la demanda  $x$  durante el tiempo de espera

$D$  = Demanda esperada por unidad de tiempo

$h$  = Costo de retención por unidad de inventario por unidad de tiempo

$p$  = Costo por faltantes por unidad de inventario

$K$  = Costo de preparación por pedido



Gráfica 12. Modelo probabilístico con faltantes.

Este modelo aplica a los componentes que tiene el comportamiento de consumo como lo muestra la *Imagen 16*, cabe mencionar que este modelo considera también los costos de preparación y costos de retención esperado como se presenta a continuación:

1. Costos de preparación. La cantidad aproximada de pedidos por unidad de tiempo es  $\frac{D}{y}$ , de modo que el costo de preparación por unidad de tiempo es aproximadamente  $\frac{kD}{y}$ .
2. Costo de retención esperado. Si  $I$  es el nivel de inventario promedio, el costo de retención esperado por unidad de tiempo es  $hI$ . El nivel de inventario promedio se calcula como:

$$I = \frac{(y + E\{R - x\}) + E\{R - x\}}{2} = \frac{y}{2} + R - E\{x\}$$

La fórmula anterior calcula el promedio del inventario inicial con el final en un ciclo determinado  $(y + E\{R - x\})$  y  $E\{R - x\}$ , tomando en cuenta que el inventario final  $E\{R - x\}$  puede ser negativo.

3. Costo por faltante esperado. Los faltantes ocurren cuando  $x > R$ . Su valor esperado por ciclo se calcula como:

$$S = \int_R^{\infty} (x - R) f(x) dx$$

Debido a que  $p$  es proporcional solo a la cantidad faltante, el costo esperado por ciclo es  $pS$  y basados en  $\frac{D}{y}$  ciclos por unidad de tiempo, el costo por faltante por unidad de tiempo es  $\frac{pS}{y/D} = \frac{pDS}{y}$ , dando así la función de costo total resultante por unidad de tiempo:

$$TCU(y, R) = \frac{DK}{y} + h\left(\frac{y}{2} + R - E\{x\}\right) + \frac{pD}{y} \int_R^{\infty} (x - R) f(x) dx$$

Los valores de  $y$  y  $R$  se determinan a partir de

$$\frac{\partial TCU}{\partial y} = -\left(\frac{DK}{y^2}\right) + \frac{h}{2} - \frac{pDS}{y^2} = 0$$

$$\frac{\partial TCU}{\partial R} = h - \left(\frac{pD}{y}\right) \int_R^{\infty} f(x) dx = 0$$

Estas dos ecuaciones dan por resultado:

$$y^* = \sqrt{\frac{2D(K + pS)}{h}} \quad (1)$$

$$\int_R^{\infty} f(x) dx = \frac{hy^*}{pD} \quad (2)$$

Los valores óptimos de  $y^*$  y  $R^*$  no pueden ser determinados de forma cerrada, sin embargo para cerrar este tipo de ecuaciones se aplica un algoritmo iterativo a ambas ecuaciones para determinar la solución. El algoritmo siempre va a tender a un número finito de iteraciones, siempre que haya una solución factible.

Para  $R = 0$ , la ecuación (1) y (2) producen

$$\hat{y} = \sqrt{\frac{2D(K + pE\{x\})}{h}}$$

$$\tilde{y} = \frac{PD}{h}$$

Los valores óptimos únicos de  $y$  y  $R$  existen cuando  $\tilde{y} \geq \hat{y}$ . El valor mínimo de  $y^*$  es  $\sqrt{\frac{2KD}{h}}$  el cual ocurre cuando  $S = 0$ .

Los pasos del algoritmo son:

**Paso 0:** utilizar la solución inicial  $y_1 = y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$ , y sea  $R_0 = 0$ . Establezcer  $i = 1$  y continuar con el paso  $i$ .

**Paso  $i$ :** Usar  $y_1$  para determinar  $R_1$  a partir de la ecuación (2). Si  $R_1 \approx R_{i-1}$ , deténgase: la solución óptima es  $y^* = y_i$  y  $R^* = R_i$ . De lo contrario, use  $R_1$  en la ecuación (1) para calcular  $y_i$ . Establezca  $i = i + 1$  y repita el paso  $i$ <sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. PP. 558

## CAPÍTULO 3 PROPUESTA - IMPLEMENTACIÓN

Actualmente la empresa cuenta con muchos y muy variados problemas en diferentes áreas relacionados con los productos de partes de servicio o aftermarket, para ello se va a utilizar el diagrama de Pescado (Ishikawa), el cual permitirá ver de una manera más específica y generalizada los problemas que afectan a la empresa.

Utilizando ésta metodología (diagrama de causa y efecto) se contemplan los 5 rubros más relevantes para la empresa que contribuyen a generar el problema, y los las abreviaciones conocidas como 5 M's, las cuales son: métodos, personas, maquinas, materiales y medio ambiente, teniendo en cuenta las palabras en inglés son: method, men, machines, materials and environment.

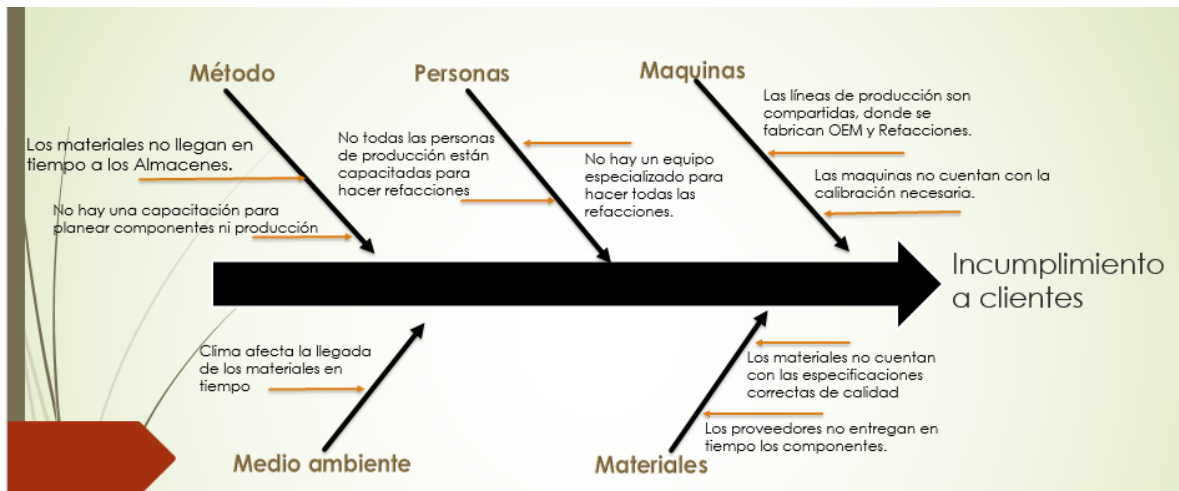
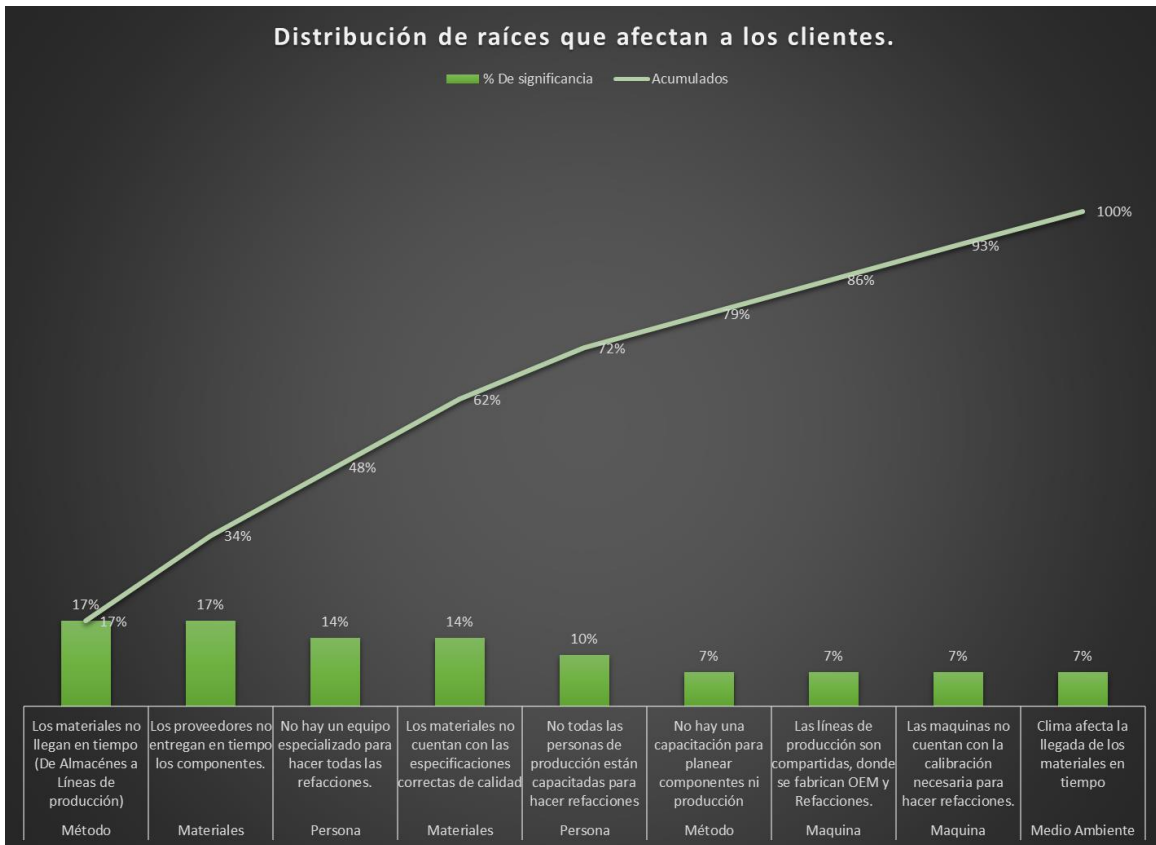


Imagen 10. Diagrama de Causa-Efecto de Ishikawa implementada en la empresa.<sup>14</sup>

Como se muestra en el diagrama superior existen varios factores que afectan a las entregas y cumplimientos al cliente, de estos sólo se contemplaron las causas raíz que tienen impacto directo dentro de la compañía.

<sup>14</sup> Lyonnel, P. (1989) Los métodos de la calidad total. PP. 132



*Gráfica 13. Distribución de raíces que afectan a los clientes (80-20)*

El comportamiento y su distribución afectan a los cumplimientos a los diferentes clientes, utilizando las raíces generadas en el Diagrama de Causa-efecto. Derivado de esta distribución existe el 24% está enfocado en el **Método** al igual que el rubro de las **Personas**, sin embargo el 31% es ocupado por **Materiales**, éste último departamento corresponde a logística y calidad.

En la investigación se enfocará a la sección de “**Materiales**”, en específico, a los proveedores con entregas fuera de tiempo, siendo una de las causas a estudiar por la facilidad de la información necesaria, adicional a otros factores que agravan la situación de los paros de líneas de producción.

La evaluación de las causas raíz fueron enfocados en los paros de línea que se generaban durante la semana 12 (16/03/2015 al 21/03/2015). La cual se muestra a continuación en una tabla con los tiempos proporcionados por el equipo de producción.

| <b>5 M's</b>          | <b>Raíces</b>  | <b>Acum. %</b> | <b>Tiempos de paro de línea (min. totales por semana)</b> |
|-----------------------|--|----------------|---|
| <i>Materiales</i>     | Los proveedores no entregan en tiempo los componentes.                         | 17%            | 240   |
| <i>Método</i>         | Los materiales no llegan en tiempo (De Almacenes a Líneas de producción)       | 34%            | 240   |
| <i>Persona</i>        | No hay un equipo especializado para hacer todas las refacciones.               | 48%            | 180   |
| <i>Materiales</i>     | Los materiales no cuentan con las especificaciones correctas de calidad        | 62%            | 180   |
| <i>Persona</i>        | No todas las personas de producción están capacitadas para hacer refacciones   | 72%            | 120   |
| <i>Método</i>         | No hay una capacitación para planear componentes ni producción                 | 79%            | 60  |
| <i>Maquina</i>        | Las líneas de producción son compartidas, donde se fabrican OEM y Refacciones. | 86%            | 60  |
| <i>Maquina</i>        | Las maquinas no cuentan con la calibración necesaria para hacer refacciones.   | 93%            | 60  |
| <i>Medio Ambiente</i> | Clima afecta la llegada de los materiales en tiempo                            | 100%           | 60  |
|                       | Total %  |                | 1200  |

*Tabla 1. Cuantificación en minutos de paro de línea por Causa-Raíz. Datos de semana 12 (Marzo 2015). Elaboración propia.*

En la tabla anterior el principal problema que existe y que tiene mayor impacto dentro de los procesos al grado de parar las líneas de producción está en la entrega fuera de tiempo en los componentes por parte de los proveedores. Otro de los principales factores que impactan es la llegada tardía de los materiales (de almacenes a las líneas de producción), ambos factores involucra a la logística de la empresa.

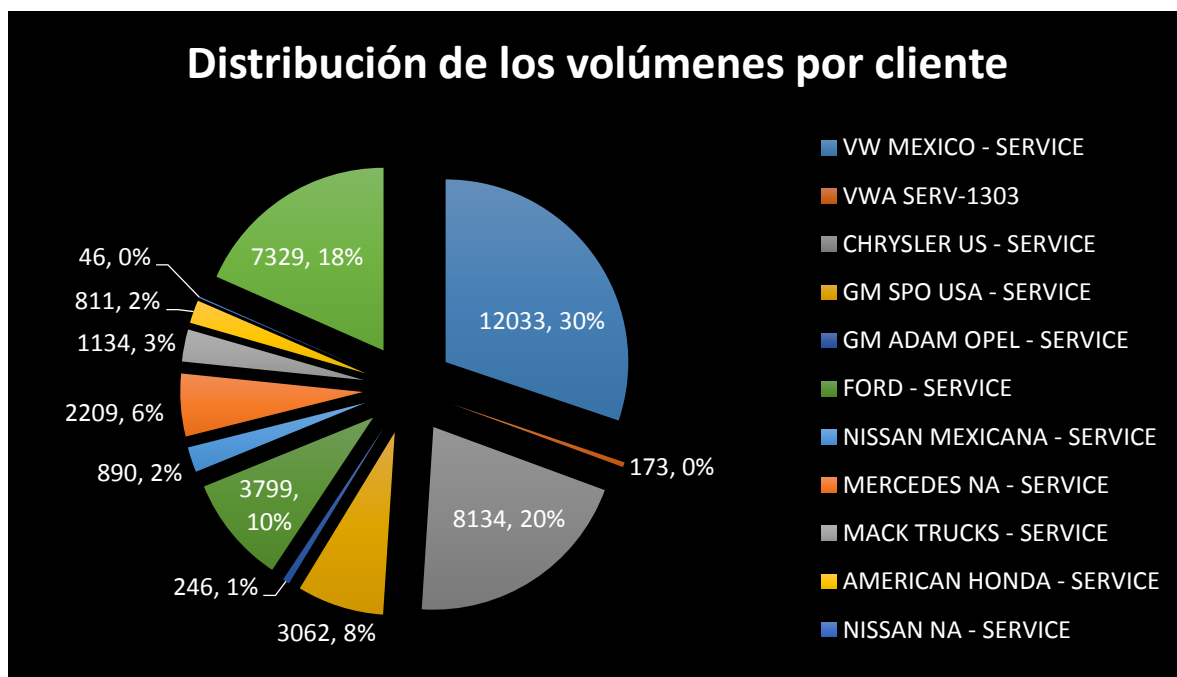
Posterior a su determinación y su evaluación de impacto en el estudio es importante realizar una visión inicialmente externa hacia interna de la empresa, esto debe permitir ver las afectaciones como empresa hacia el exterior y también ver los problemas internos para buscar una o varias alternativas de solución permanente.

Una visión externa de los proveedores es necesario determinar quiénes son los clientes y su volumen de demandas, esto permitirá tener una visión mucho más

amplia de las principales evaluaciones y el concepto que tiene el cliente hacia la empresa.

La empresa cuenta con 12 clientes a los cuales se les proporciona diferentes productos de servicio o también considerados como refacciones generando una demanda total de 39,866 piezas, estos incluyen atrasos, requerimientos en firme y requerimientos a 30 semanas.

De una manera más sencilla se presenta la siguiente imagen, la distribución de los volúmenes de cada cliente (considerando las piezas en atraso):



Gráfica 14. Distribución de los volúmenes por cliente. Datos proporcionados por la empresa: 17 de Marzo de 2015. Elaboración propia.

En la imagen anterior se muestra la distribución de piezas para todos los clientes considerando el volumen de las partes de servicio al igual que su impacto en el nivel de importancia al cumplimiento. Los tres principales clientes (Volkswagen México, Ford Service y Chrysler Service-MOPAR) tienen el 68% de los pedidos totales, tomando en cuenta la demanda a 6 meses y los atrasos debido a temas comerciales (incrementos de precio y negociaciones).

Para tener más claro la distribución con los principales clientes que afectan al “Mundo Service” es necesario realizar la segmentación en tres rubros más

importantes (Past Due o atrasos, Requerimientos del mes corriente, forecast a 5 meses restantes)

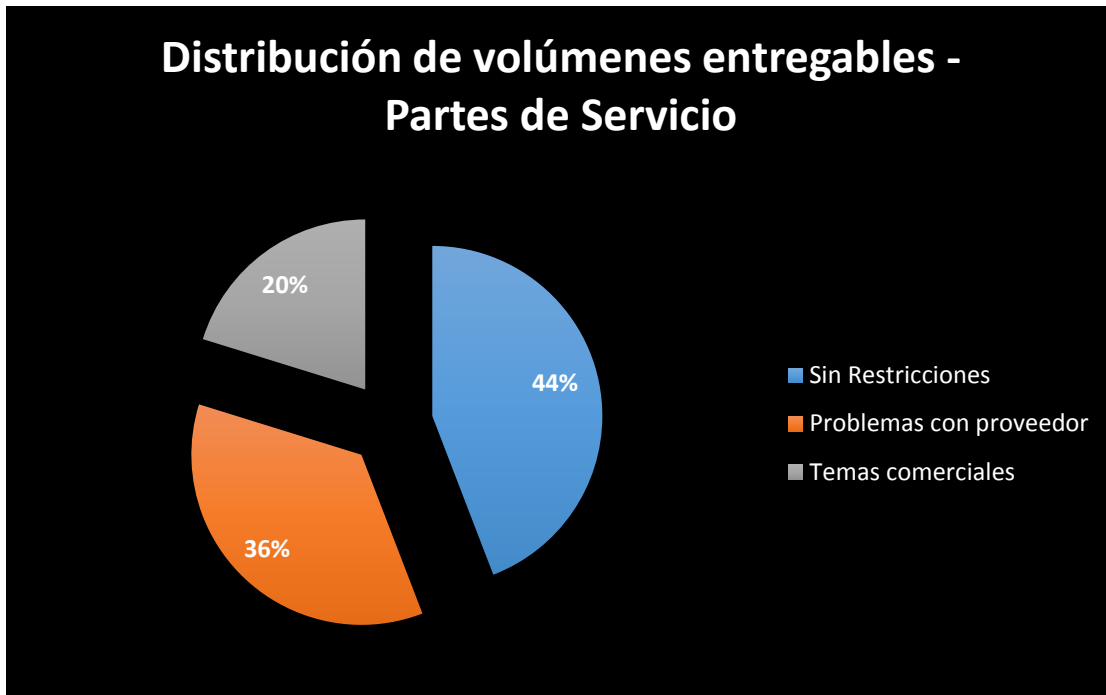
|                           | <b>Total de atrasos</b> | <b>Req. Mensual</b> | <b>Forecast 5 meses</b> |
|---------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| <b>Cantidad VW MEX</b>    | 3019                    | 1415                | 4982                    |
| <b>% VW MEX</b>           | 32%                     | 15%                 | 53%                     |
| <b>Cantidad FORD-SERV</b> | 1096                    | 118                 | 1461                    |
| <b>% FORD-SERV</b>        | 41%                     | 4%                  | 55%                     |
| <b>Cantidad MOPAR</b>     | 1700                    | 1284                | 5150                    |
| <b>% MOPAR</b>            | 21%                     | 16%                 | 63%                     |

*Tabla 2. Distribución de los tres clientes con mayor volumen de piezas requeridas. Elaboración propia.*

En la tabla anterior se muestran las distribuciones de los principales clientes debido a su volumen requerido. También se observan las cantidades un atraso mucho mayor al requerimiento del mes corriente (considerando las 4 semanas siguientes). En cuanto a cantidades en atraso tenemos a VW México, sin embargo 3019 piezas representan una tercera parte del volumen total.

El comportamiento de FORD SERVICE es el hecho de que el 41% del volumen se encuentra en atraso, a pesar de no ser un gran volumen si impacta de gran importancia al cliente, debido una gran cantidad de piezas no se han entregado.

Debido a que son grandes cantidades atrasadas es necesario determinar la clasificación, para lo cual se desarrolla la siguiente gráfica con las principales razones por las cuales no se entregan los productos.



Gráfica 15. Distribución de las Partes de Servicio, datos proporcionados el 17 de Marzo de 2015.  
Elaboración propia.

En la gráfica se muestra la distribución de los principales factores que impactan a las partes de servicio, considerando un total de 39,866 piezas, tomando en cuenta atrasos y requerimientos en firme a 30 semanas. El 44% de los requerimientos no cuenta con alguna restricción para su entrega, lo que representa 17,541 piezas entregables, mientras el 36% (14,352 piezas) existe algún tipo de problema con los proveedores, maquinarias dañadas o escasas con sus materias primas. El restante 20% (7,973 piezas) tienen temas comercial, estos principalmente con incrementos de precio, los cuales debido a las negociaciones, ajustes de precio tanto con proveedores como con los clientes generan un tiempo de entrega incierto.

El 20% del volumen de refacciones con problemas comerciales no se van a tomar en cuenta en el proyecto debido a la falta de información además de no ser una de las prioridades.

El 36% pueden ser potencialmente mejorables, lo cual nos indica que existe algún tipo de inferencia para poder iniciar la fabricación y entrega, pudiendo así llegar a un 80% de entregas de todas las partes de servicio, lo cual permitirá cumplir con 25,514 piezas.

Como parte de este estudio es importante ver que el impacto de se genera en los clientes, ésto debido a las piezas pendientes por entregas y los requerimientos que siguen siendo solicitados.

De los 11 clientes existen 175 productos sin embargo no todos se pueden trabajar en este proyecto, por ello se catalogaron en los tres rubros de la gráfica anterior, ésto con el fin de contemplar los proveedores a trabajar. A continuación se muestra la tabla de los productos, clientes, cantidades pendientes de embarcar (en algunos de los casos) y las características para considerarlo dentro de la investigación.

| Clientes     | Números de parte afectados (Productos terminados) | Cantidades pendientes por embarcar | Se debe o no considerar en el estudio (porque)  |
|--------------|---|------------------------------------|---|
| VW México    | 6 Productos afectados                             | 2061 productos (piezas)            | Si se debe de considerar debido a que son temas de incumplimiento de proveedores.   |
| GM USA       | 1 Producto afectado                               | 0 productos (piezas)               | No se debe de considerar debido a que los componentes faltantes son temas comerciales.  |
| FORD SERVICE | 10 Productos afectados                            | 1124 Productos (piezas)            | No se debe de considerar debido a que los componentes faltantes son temas comerciales.  |
| NISSAN MEX   | 3 Productos afectados                             | 60 Productos (piezas)              | Si se debe de considerar dentro del estudio debido a que no tiene temas comerciales.  |
| MACK TRUCKS  | 3 Productos afectados                             | 510 Productos (piezas)             | Se deben de considerar 2 productos de este cliente, uno de los componentes tiene problemas comerciales.                                   |
| HONDA        | 2 Productos afectados                             | 1011 Productos (piezas)            | Uno de los productos tiene comerciales (de menor volumen). El otro si es posible considerarlo debido a que está en proceso de aprobación. |
| NISSAN USA   | 1 Producto afectado                               | 26 Productos (piezas)              | Si se debe de considerar debido a que tiene un problema con proveedor de proceso  |
| TOYOTA       | 2 Productos afectados                             | 1200 Productos (piezas)            | Proveedor entrega fuera de tiempo compromiso.   |

*Tabla 3. Descripción general de afectaciones a los clientes por problemas en componentes. Elaboración propia.*

Posterior a categorizar los productos más conflictivos, es necesario conocer los componentes que generan la restricción dentro de los productos terminados.

Como parámetro se consideraron solo las cantidades en atraso para determinar cuáles son los componentes que generan el incumplimiento con las piezas. Para lo cual se determina la cantidad de componentes que actualmente hacen falta, al igual que los componentes, números de parte y proveedores.

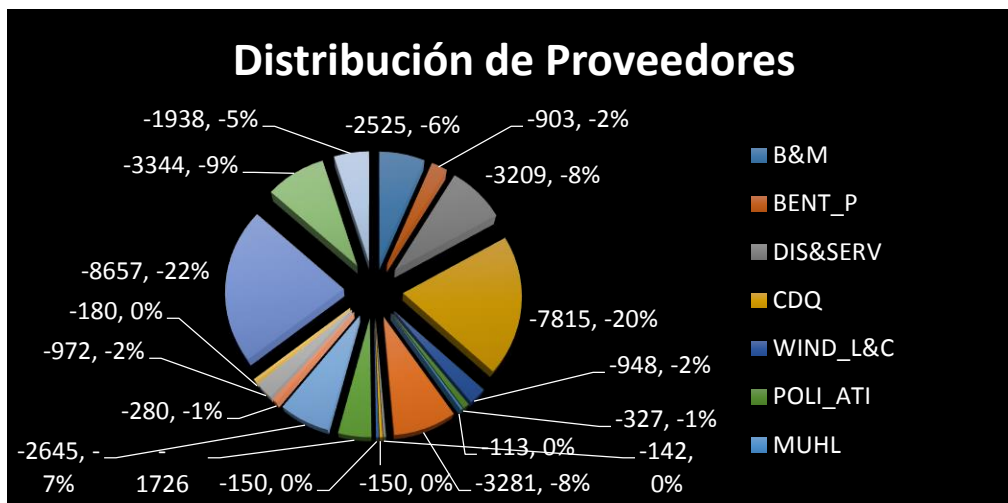
| <b>Part # Component</b> | <b>Component Description</b> | <b>Balance</b> | <b>Proveedores afectados</b> |
|-------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|
| 112340Riv               | RIVET T_WR                   | -2525          | B&M                          |
| 113545Pca               | PCA MON_IZQ                  | -903           | BENT_P                       |
| 116707Cur               | Cursor_LH07                  | -687           | DIS&SERV                     |
| 116722Cur               | Cursor_LH07                  | -206           | DIS&SERV                     |
| 116945Rai               | RAIL ASSY_116                | -2831          | CDQ                          |
| 116947Rai               | RIEL ENS_116                 | -2025          | CDQ                          |
| 116948Rai               | RAIL ASSY_116                | -525           | CDQ                          |
| 116949Sop               | SOP_MOTOR                    | -2178          | CDQ                          |
| 116952She               | SHEET M_SUP_RH               | -63            | CDQ                          |
| 117092Gla               | GLASS SUP_ASSY_RH            | -103           | CDQ                          |
| 117342Low               | LOWER CAB_ASSY               | -477           | WIND_L&C                     |
| 117346Upp               | UPPER C_ASSY_F               | -471           | WIND_L&C                     |
| 117554rub               | RUBBER TON_CON               | -327           | POLI_ATI                     |
| 118387sto               | STOP CUR_UP                  | -113           | MUHL                         |
| 119252tee               | TEE/T-stueck RH              | -1090          | DIS&SERV                     |
| 119253tee               | TEE-T-stueck LH              | -1226          | DIS&SERV                     |
| 1915454rue              | RUEDA_19                     | -3281          | ERCHE                        |
| 868854866can            | CANAL_AGUA_NB                | -142           | Sin proveedor                |
| 943696716               | MOTOR-ELEC_HB                | -150           | RO_BOSCH                     |
| 944684950foa            | DAMPING_F                    | -150           | Sin número de parte          |
| 5242ACpin               | PINION &_K_ASSY              | -342           | ORCH_J                       |
| C10463can               | CANAL                        | -2645          | FORMING                      |
| C10537rue               | RUEDA_19                     | -280           | PAST_M                       |
| C50203rue               | RUEDA_19                     | -972           | HOLL_PLAN                    |
| C50406bra               | BRACKET_C                    | -180           | TROQ_CARM                    |
| C50410tub               | TUBO_C                       | -90            | CDQ                          |
| C50547bra               | BRAZO_ARM                    | -1784          | MANISHA                      |
| C50548bra               | BRAZO_ARM                    | -3449          | MANISHA                      |
| C50549bra               | BRAZO_ARM                    | -2973          | MANISHA                      |
| C50550pla               | PCA                          | -1787          | TT                           |
| C50551pla               | PCA                          | -1557          | TT                           |

|           |           |       |           |
|-----------|-----------|-------|-----------|
| C50578can | CANAL     | -451  | MANISHA   |
| C50781rem | RIVET_MTR | -1938 | HAZEL_MOT |
| C60056arm | ARM DRIVE | -488  | ORCH_J    |
| C60072sec | SEC_MAN   | -402  | ORCH_J    |
| G5240Hcub | CUBI_ZIN  | -494  | ORCH_J    |

Tabla 4. Descripción de los componentes con restricciones, cantidades y proveedores. Datos de Marzo 2015. Elaboración propia.

En la tabla superior se tienen los 36 componentes más relevantes, siendo un total de 39,305 piezas que afectan a los clientes anteriormente mencionados, estos representan el 36% del motivo por la cual no se cumple a los requerimientos solicitados.

Los principales proveedores son: CDQ y MANISHA teniendo el 41.91% de los componentes que restringen la producción y entrega a clientes.



Gráfica 16. Distribución de proveedores. Elaboración propia.

Ya teniendo identificado los componentes y los proveedores que afectan al 36% del universo de refacciones a entrega a clientes se inicia el estudiar en las demandas de cada PT y su comportamiento (demandas fijas y demandas variables).

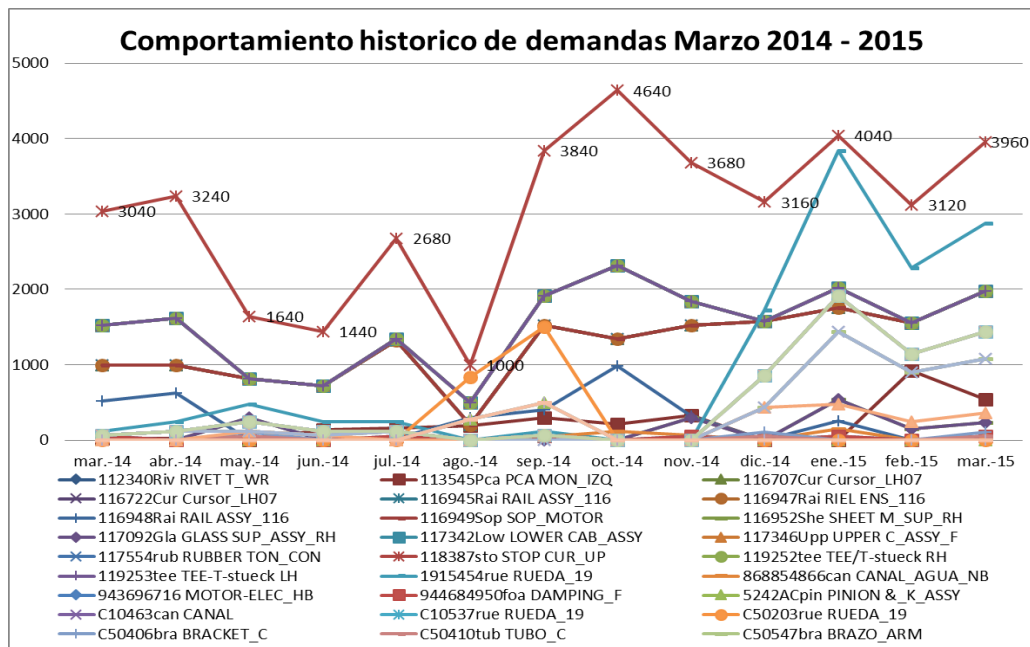
Teniendo en cuenta la demanda anual 2014 – 2015 se tiene una visión más completa de las demandas en los componentes con algún problema en las entregas.

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Proveedores afectados |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|
| 112340Riv                 | RIVET T_WR                 | 1,518         | B&M                   |
| 113545Pca                 | PCA MON_IZQ                | 218           | BENT_P                |
| 116707Cur                 | Cursor_LH07                | 1,255         | DIS&SERV              |
| 116722Cur                 | Cursor_LH07                | 1,255         | DIS&SERV}             |
| 116945Rai                 | RAIL ASSY_116              | 1,255         | CDQ                   |
| 116947Rai                 | RIEL ENS_116               | 1,255         | CDQ                   |
| 116948Rai                 | RAIL ASSY_116              | 263           | CDQ                   |
| 116949Sop                 | SOP_MOTOR                  | 1,255         | CDQ                   |
| 116952She                 | SHEET M_SUP_RH             | 117           | CDQ                   |
| 117092Gla                 | GLASS SUP_ASSY_RH          | 117           | CDQ                   |
| 117342Low                 | LOWER CAB_ASSY             | 1,518         | WIND_L&C              |
| 117346Upp                 | UPPER C_ASSY_F             | 1,518         | WIND_L&C              |
| 117554rub                 | RUBBER TON_CON             | 1,518         | POLI_ATI              |
| 118387sto                 | STOP CUR_UP                | 3,037         | MUHL                  |
| 119252tee                 | TEE/T-stueck RH            | 1,518         | DIS&SERV              |
| 119253tee                 | TEE-T-stueck LH            | 1,518         | DIS&SERV              |
| 1915454rue                | RUEDA_19                   | 935           | ERCHE                 |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | 28            | Sin proveedor         |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | 27            | RO_BOSCH              |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | 27            | Sin numero de parte   |
| 5242ACpin                 | PINION &_amp;_K_ASSY       | 60            | ORCH_J                |
| C10463can                 | CANAL                      | 333           | FORMING               |
| C10537rue                 | RUEDA_19                   | 468           | PAST_M                |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | 180           | HOLL_PLAN             |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | 25            | TROQ_CARM             |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | 12            | CDQ                   |
| C50547bra                 | BRAZO_ARM                  | 333           | MANISHA               |
| C50548bra                 | BRAZO_ARM                  | 468           | MANISHA               |
| C50549bra                 | BRAZO_ARM                  | 468           | MANISHA               |
| C50550pla                 | PCA                        | 135           | TT                    |
| C50551pla                 | PCA                        | 333           | TT                    |
| C50578can                 | CANAL                      | 468           | MANISHA               |
| C50781rem                 | RIVET_MTR                  | 468           | HAZEL_MOT             |
| C60056arm                 | ARM DRIVE                  | 60            | ORCH_J                |
| C60072sec                 | SEC_MAN                    | 60            | ORCH_J                |
| G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   | 60            | ORCH_J                |

Tabla 5. Cantidades anuales totales considerando demandas de Marzo 2014 – Marzo 2015.  
Elaboración propia.

El modelo clásico de las órdenes de pedido económico (EOQ) se va a calcular la duración de los ciclos de pedido de cada componente, ésto permitirá tomar en cuenta el tiempo en que se comportan los componentes.

Para el desarrollo de las EOQ's se consideraron las demandas anuales de Marzo 2014 al Marzo 2015. Utilizando los históricos de las demandas del año anterior.



Gráfica 17. Comportamiento histórico de demandas Marzo 2014 – 2015. Datos históricos de demandas. Marzo 2015

En la gráfica anterior se observa las grandes variaciones entre las demandas de componentes, algunas casi constantes en demandas altas como 118387sto - STOP CUR\_UP, observando en la gráfica que la cantidad más bajar durante un año fueron 1000 piezas en Agosto 2014. En otros casos se tiene el componente: G5240Hcub – CUBI\_ZIN, en la cual no tiene requerimiento durante 5 meses y en Agosto y Septiembre 2014 se obtiene una demanda acumulada de 780 piezas, posterior a esta fecha no hay más demanda.

Utilizando las herramientas anteriormente mencionadas, se calcula los costos totales anuales de cada componente, volúmenes de las órdenes óptimas, los puntos

de reorden, desviación estándar de la demanda y cálculo de existencia de reserva. Para obtener los indicadores anteriormente mencionados es necesario considerar los costos de preparación: \$ 0.15 Dólares y el costo anual de almacenamiento: \$ 73.00 Dólares (20 centavos por día), estos aplican a todas los componentes debido a que se estandarizaron los precios para no afectar en los precios finales de venta.

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Lote mínimo de pedido | Costo por unidad | Tiempo de entrega (días) |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|------------------|--------------------------|
| 112340Riv                 | RIVET T_WR                 | 1,518         | 300.00                | \$ 0.71          | 21                       |
| 113545Pca                 | PCA MON_IZQ                | 218           | 318.00                | \$ 5.24          | 2                        |
| 116707Cur                 | Cursor_LH07                | 1,255         | 100.00                | \$ 6.87          | 10                       |
| 116722Cur                 | Cursor_LH07                | 1,255         | 100.00                | \$ 8.25          | 10                       |
| 116945Rai                 | RAIL ASSY_116              | 1,255         | 200.00                | \$ 14.85         | 21                       |
| 116947Rai                 | RIEL ENS_116               | 1,255         | 200.00                | \$ 15.02         | 21                       |
| 116948Rai                 | RAIL ASSY_116              | 263           | 183.00                | \$ 15.02         | 21                       |
| 116949Sop                 | SOP_MOTOR                  | 1,255         | 183.00                | \$ 4.64          | 21                       |
| 116952She                 | SHEET M_SUP_RH             | 117           | 100.00                | \$ 31.51         | 21                       |
| 117092Gla                 | GLASS SUP_ASSY_RH          | 117           | 150.00                | \$ 4.12          | 21                       |
| 117342Low                 | LOWER CAB_ASSY             | 1,518         | 150.00                | \$ 0.79          | 10                       |
| 117346Upp                 | UPPER C_ASSY_F             | 1,518         | 250.00                | \$ 0.69          | 10                       |
| 117554rub                 | RUBBER TON_CON             | 1,518         | 500.00                | \$ 0.17          | 10                       |
| 118387sto                 | STOP CUR_UP                | 3,037         | 250.00                | \$ 0.50          | 7                        |
| 119252tee                 | TEE/T-stueck RH            | 1,518         | 200.00                | \$ 2.26          | 10                       |
| 119253tee                 | TEE-T-stueck LH            | 1,518         | 200.00                | \$ 2.26          | 10                       |
| 1915454rue                | RUEDA_19                   | 935           | 500.00                | \$ 0.21          | 10                       |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | 28            | 50.00                 | \$ 4.01          | 30                       |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | 27            | 250.00                | \$ 0.05          | 10                       |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | 27            | 200.00                | \$ 0.42          | 30                       |
| 5242ACpin                 | PINION &_K_ASSY            | 60            | 900.00                | \$ 6.30          | 30                       |
| C10463can                 | CANAL                      | 333           | 100.00                | \$ 2.27          | 25                       |
| C10537rue                 | RUEDA_19                   | 468           | 200.00                | \$ 0.46          | 10                       |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | 180           | 1050.00               | \$ 0.40          | 10                       |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | 25            | 100.00                | \$ 0.49          | 10                       |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | 12            | 50.00                 | \$ 1.87          | 20                       |
| C50547bra                 | BRAZO_ARM                  | 333           | 1000.00               | \$ 1.19          | 10                       |
| C50548bra                 | BRAZO_ARM                  | 468           | 100.00                | \$ 0.98          | 10                       |
| C50549bra                 | BRAZO_ARM                  | 468           | 100.00                | \$ 0.98          | 10                       |
| C50550pla                 | PCA                        | 135           | 100.00                | \$ 5.93          | 10                       |
| C50551pla                 | PCA                        | 333           | 100.00                | \$ 5.93          | 10                       |

|                  |           |     |        |         |    |
|------------------|-----------|-----|--------|---------|----|
| <b>C50578can</b> | CANAL     | 468 | 100.00 | \$ 2.79 | 10 |
| <b>C50781rem</b> | RIVET_MTR | 468 | 300.00 | \$ 0.03 | 10 |
| <b>C60056arm</b> | ARM DRIVE | 60  | 400.00 | \$ 1.05 | 30 |
| <b>C60072sec</b> | SEC_MAN   | 60  | 400.00 | \$ 2.14 | 30 |
| <b>G5240Hcub</b> | CUBI_ZIN  | 60  | 500.00 | \$ 0.60 | 30 |

*Tabla 6. Tabla desglosada de: demanda anual, lotes mínimos de proveedores, costo por unidad, tiempo de entrega (días). Datos extraídos desde sistema PLEX. Elaboración propia.*

Ambos modelos tienen la capacidad de ser aplicado dentro del proyecto y uno de estos ejemplos es la *Imagen 22*, en la cual se ve el comportamiento de los componentes, no siempre es el mismo para ellos, por lo que se consideran dos modelos que dependen de la variable constante o si no lo es (en algunos casos muy erráticos).

Para ello necesitamos determinar las fórmulas utilizadas para esta investigación, las cuales no siempre aplicaran para ambos métodos de EOQ's como anteriormente se mencionó, pues se determinaran modelos diferentes.

$D_i$  = Tasa de demanda

= Calculada por componente considerando su comportamiento: Constantes o variables

$K_i$  = Costo de preparación

= Calculado por componente, considerando 260 días laborables.

$h_i$  = Costo de retención unitario diario

= Calculado por componentente, considerando 260 días laborables.

$y_i$  = Cantidad de pedido diario

= Calculado por componente considerando 260 días laborables.

$a_i$  = Requerimiento de área de almacenamiento por unidad de inventario

= Solo aplica para los componentes con demandas variables.

$A$  = Área de almacenamiento máxima disponible para todos los narticulos

= Solo aplica para los componentes con demandas variables.

Conforme a la suposición de no permitir faltantes, el modelo matemático que representa la situación de los inventarios se da como:

$$\text{Minimizar } TCU (y_1, y_2, \dots, y_n) = \sum_{i=1}^n \left( \frac{K_i D_i}{y_i} + \frac{h_i y_i}{2} \right)$$

Sujeto a

$$\sum_{i=1}^n a_i y_i \leq A$$

$$y_i > 0, i = 1, 2, \dots, n$$

Para resolver el problema, primero abordamos la situación no restringida:

$$y^*_i = \sqrt{\frac{2K_i D_i}{h_i}}, i = 1, 2, \dots, n$$

Si la situación satisface la restricción, entonces el proceso termina. De lo contrario, la restricción es obligatoria y debe ser activada.

Considerando la información anteriormente mencionada se clasifica los tipos de componentes por tipo de demanda, es la característica la cual principalmente afecta para realizar algún estudio estadístico o probabilístico, la clasificación se presenta en la siguiente tabla y se determina el modelo que se aplicara a cada clasificación.

| Constante                 |                            | Variable                  |                            |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| # de Parte del componente | Descripción del componente | # de Parte del componente | Descripción del componente |
| 112340Riv                 | RIVET T_WR                 | 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              |
| 113545Pca                 | PCA MON_IZQ                | 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              |
| 116707Cur                 | Cursor_LH07                | 944684950foa              | DAMPING_F                  |
| 116722Cur                 | Cursor_LH07                | 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            |
| 116945Rai                 | RAIL ASSY_116              | C50203rue                 | RUEDA_19                   |
| 116947Rai                 | RIEL ENS_116               | C50406bra                 | BRACKET_C                  |
| 116948Rai                 | RAIL ASSY_116              | C50410tub                 | TUBO_C                     |
| 116949Sop                 | SOP_MOTOR                  | C60056arm                 | ARM DRIVE                  |
| 116952She                 | SHEET M_SUP_RH             | C60072sec                 | SEC_MAN                    |
| 117092Gla                 | GLASS SUP_ASSY_RH          | G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   |
| 117342Low                 | LOWER CAB_ASSY             |                           |                            |

|            |                 |
|------------|-----------------|
| 117346Upp  | UPPER C_ASSY_F  |
| 117554rub  | RUBBER TON_CON  |
| 118387sto  | STOP CUR_UP     |
| 119252tee  | TEE/T-stueck RH |
| 119253tee  | TEE-T-stueck LH |
| 1915454rue | RUEDA_19        |
| C10463can  | CANAL           |
| C10537rue  | RUEDA_19        |
| C50547bra  | BRAZO_ARM       |
| C50548bra  | BRAZO_ARM       |
| C50549bra  | BRAZO_ARM       |
| C50550pla  | PCA             |
| C50551pla  | PCA             |
| C50578can  | CANAL           |
| C50781rem  | RIVET_MTR       |

|   |                          |                         |
|---|--------------------------|-------------------------|
| <b>TOTAL de componentes</b>                 | <b>26</b>                | <b>10</b>               |
|   | <b>Demanda constante</b> | <b>Demanda variable</b> |
| <b>% de componentes por tipo de Demanda</b> | <b>72%</b>               | <b>28%</b>              |
|   | <b>Demanda constante</b> | <b>Demanda variable</b> |

*Tabla 7. Distribución de componentes según su tipo de demanda. Elaboración propia.*

En la tabla superior los 36 componentes que se están considerando dentro de éste estudio se encuentran dentro de las demandas constantes, los cuales solo se consideran para el modelo EOQ clásico (modelo económico de pedido clásico) mientras que los componentes dentro de la clasificación de demandas variables utilizarán el modelo EOQ de varios artículos con limitación de almacenamiento, tomando en cuenta el principal factor como el tipo de demanda.

### **3.1 EOQ Clásico - Aplicado**

Para la primera clasificación (EOQ Clásico) se determinó debido a que muchos de estos componentes con constantemente solicitados, constantemente se solicitan a los proveedores, los cuales se les da seguimiento a través de archivos con requerimientos planeados, puesto que la producción y entregas a clientes son constantes durante el año estudiado (2014-2015).

Dentro de los factores que se necesitan considerar son:

### 3.1.1 Costos de preparación anuales

Costos CPA: costos de los agentes de compras (planeador y comprador), estos gastos se vuelven constantes por lo cual se considera fijos a \$480,000 anuales.

Costos CPMS: estos costos solo engloban el costo del gerente de compras y personal de oficinas, estos de igual manera de vuelven permanentes para todos los componentes, las cuales se fijan en \$360,000 anuales.

Costo CSER: estos costos consideran los costos de servicios, los cuales son papelería, telecomunicaciones o servicio de telefonía, luz, agua y costos de arrendamiento anual, éstos costos si van a ir variando según lo generado por cada componente.

Costos de retención anual: estos costos son independientes de los componentes, por lo que se homogenea los costos para todos los componentes. Es importante mencionar cuales son los gastos que se contemplan para calcular el costo de retención: para ello se considera el arrendamiento de las instalaciones, personal de manejo de materiales, mantenimiento de los equipos (montacargas), mantenimiento de instalaciones (preventivo) y el personal de seguridad.

Los costos anteriormente mencionados van a proporcionar el costo de preparación anual por componente, como se indica en la siguiente formula:

$$\text{Costo de preparacion anual} = \frac{CPA + CPMS + CSER}{\text{Pedidos totales al año}}$$

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Ki<br>Costo por preparación anual | Costo por preparación ANUALES |               |               | Costos indirectos generales |   |                      |                               |                  | PEDIDOS TOTALES AL AÑO |                                       |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|---|----------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|---------------------------------------|
|                           |                            |                                   | Moneda                        | CPA           | CPMS          | CSER                        | Cantidad de hojas utilizadas anualmente | Minutos al proveedor | Papelera y toners (\$/unidad) | Costo por minuto |                        | Costos de luz y arrendamiento (anual) |
| 112340Riv                 | RIVETT_WR                  | \$ 170,708.94                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 10,392,648.12            | 3290                                    | 1974                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 166.1634338                           |
| 113545Pca                 | PCA MON_IZQ                | \$ 544,851.94                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 4,017,406.48             | 445.754717                              | 267.4528302          | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 71.8551255                            |
| 116707Cur                 | Cursor_LH07                | \$ 273,833.02                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 43,849,548.12            | 8160                                    | 4896                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 661.08799                             |
| 116722Cur                 | Cursor_LH07                | \$ 273,833.02                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 43,849,548.12            | 8160                                    | 4896                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 661.08799                             |
| 116945Rai                 | RAIL ASSY_116              | \$ 180,466.03                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 13,886,028.12            | 4080                                    | 2448                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 217.8406527                           |
| 116947Rai                 | RIEL ENS_116               | \$ 180,466.03                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 13,886,028.12            | 4080                                    | 2448                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 217.8406527                           |
| 116948Rai                 | RAIL ASSY_116              | \$ 281,567.41                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 4,422,079.55             | 934.4262295                             | 560.6557377          | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 77.84141346                           |
| 116949Sop                 | SOP_MOTOR                  | \$ 186,900.91                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 15,827,884.44            | 4459.016393                             | 2675.409836          | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 246.5663379                           |
| 116952She                 | SHEET M_SUP_RH             | \$ 333,387.26                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 4,247,489.52             | 763                                     | 457.8                | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 75.25872075                           |
| 117092Gla                 | GLASS SUP_ASSY_RH          | \$ 481,005.88                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 4,053,433.19             | 508.6666667                             | 305.2                | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 72.38806494                           |
| 117342Low                 | LOWER CAB_ASSY             | \$ 233,404.47                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 29,876,028.12            | 6580                                    | 3948                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 454.3791142                           |
| 117346Upp                 | UPPER C_ASSY_F             | \$ 178,447.45                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 13,250,210.52            | 3948                                    | 2368.8               | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 208.4350669                           |
| 117554rub                 | RUBBER TON_CON             | \$ 179,234.90                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 6,236,193.72             | 1974                                    | 1184.4               | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 104.6774219                           |
| 118387sto                 | STOP CUR_UP                | \$ 266,883.72                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 41,306,277.72            | 7896                                    | 4737.6               | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 623.4656468                           |
| 119252tee                 | TEE/T-stueck RH            | \$ 196,055.96                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 18,510,723.12            | 4935                                    | 2961                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 286.2533006                           |
| 119253tee                 | TEE-T-stueck LH            | \$ 196,055.96                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 18,510,723.12            | 4935                                    | 2961                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 286.2533006                           |
| 1915454rue                | RUEDA_19                   | \$ 231,306.81                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 4,785,381.72             | 1216                                    | 729.6                | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 83.21570596                           |
| C10463can                 | CANAL                      | \$ 174,376.98                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 6,710,523.12             | 2165                                    | 1299                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 111.694129                            |
| C10537rue                 | RUEDA_19                   | \$ 201,461.45                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 5,284,428.12             | 1520                                    | 912                  | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 90.59804916                           |
| C50547bra                 | BRAZO_ARM                  | \$ 174,376.98                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 6,710,523.12             | 2165                                    | 1299                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 111.694129                            |
| C50548bra                 | BRAZO_ARM                  | \$ 169,130.73                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 9,443,148.12             | 3040                                    | 1824                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 152.1175758                           |
| C50549bra                 | BRAZO_ARM                  | \$ 169,130.73                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 9,443,148.12             | 3040                                    | 1824                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 152.1175758                           |
| C50550pla                 | PCA                        | \$ 297,003.61                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 4,357,563.12             | 875                                     | 525                  | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 76.88702845                           |
| C50551pla                 | PCA                        | \$ 174,376.98                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 6,710,523.12             | 2165                                    | 1299                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 111.694129                            |
| C50578can                 | CANAL                      | \$ 169,130.73                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 9,443,148.12             | 3040                                    | 1824                 | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 152.1175758                           |
| C50781rem                 | RIVET_MTR                  | \$ 264,192.18                     | MXN                           | \$ 480,000.00 | \$ 360,000.00 | \$ 4,514,294.79             | 1013.333333                             | 608                  | \$ 0.14                       | \$ 0.86          | \$ 3,898,188.00        | 79.20554423                           |

Tabla 8. Tabla desglosada de los costos previos al costo de preparación anual, calculada por componente. Componentes con demanda constante. Elaboración propia.

Posterior al cálculo de los costos anuales también podemos calcular el costo diario, considerando en este estudio 5 días hábiles por 52 semanas.

Otro de los costos que se tienen que considerar dentro del estudio es el costo de retención anual por pieza (unidad), tomando en cuenta la siguiente fórmula para calcular este costo:

$$\text{Costo de retención anual} = \frac{\text{Instalaciones} + \text{Manejo de material (personal)} + \text{Mtto. de equipos} + \text{Mtto. de edificio} + \text{Personal de seguridad}}{\text{Inventario} \times \text{precio unitario}}$$

| # de Parte del componente | Descripción del componente | h | Costo de Ret. anual por pieza | Costo de Retención anual |                                  |                               |                             |                       | Inv   | Valor del inventario del componente |
|---------------------------|----------------------------|---|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------|-------------------------------------|
|                           |                            |   |                               | Instalaciones            | Personal de manejo de materiales | Mtto de equipos (montacargas) | Mtto de edificio preventivo | Personal de seguridad |       |                                     |
| 112340Riv                 | RIVET T_WR                 |   | \$ 236.67                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 10000 | \$ 7,100.00                         |
| 113545Pca                 | PCA MON_IJZQ               |   | \$ 1,054.86                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 304   | \$ 1,592.96                         |
| 116707Cur                 | Cursor_LH07                |   | \$ 117.20                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 2087  | \$ 14,337.69                        |
| 116722Cur                 | Cursor_LH07                |   | \$ 47.99                      | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 4244  | \$ 35,013.00                        |
| 116945Rai                 | RAIL ASSY_116              |   | \$ 56.49                      | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 2003  | \$ 29,744.55                        |
| 116947Rai                 | RIE LENS_116               |   | \$ 133.03                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 841   | \$ 12,631.82                        |
| 116948Rai                 | RAIL ASSY_116              |   | \$ 183.40                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 610   | \$ 9,162.20                         |
| 116949Sop                 | SOP_MOTOR                  |   | \$ 202.32                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 1790  | \$ 8,305.60                         |
| 116952She                 | SHEET M_SUP_RH             |   | \$ 141.08                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 378   | \$ 11,910.78                        |
| 117092Gla                 | GLASS SUP_ASSY_RH          |   | \$ 1,014.56                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 402   | \$ 1,656.24                         |
| 117342Low                 | LOWER CAB_ASSY             |   | \$ 667.83                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 3185  | \$ 2,516.15                         |
| 117346Upp                 | UPPER C_ASSY_F             |   | \$ 761.03                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 3200  | \$ 2,208.00                         |
| 11754rub                  | RUBBER TON_CON             |   | \$ 4,559.23                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 2168  | \$ 368.56                           |
| 118387sto                 | STOP CUR_UP                |   | \$ 535.48                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 6276  | \$ 3,138.00                         |
| 119252tee                 | TEE/T-stueck RH            |   | \$ 311.75                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 2385  | \$ 5,390.10                         |
| 119253tee                 | TEE-T-stueck LH            |   | \$ 442.31                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 1681  | \$ 3,799.06                         |
| 191545rue                 | RUEDA_19                   |   | \$ 1,599.69                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 5002  | \$ 1,050.42                         |
| C10463can                 | CANAL                      |   | \$ 1,480.48                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 500   | \$ 1,135.00                         |
| C10537rue                 | RUEDA_19                   |   | \$ 4,449.37                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 821   | \$ 377.66                           |
| C50547bra                 | BRAZO_ARM                  |   | \$ 1,402.24                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 1007  | \$ 1,198.33                         |
| C50548bra                 | BRAZO_ARM                  |   | \$ 2,148.68                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 798   | \$ 782.04                           |
| C50549bra                 | BRAZO_ARM                  |   | \$ 1,935.26                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 886   | \$ 868.28                           |
| C50550pla                 | PCA                        |   | \$ 98.70                      | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 2871  | \$ 17,025.03                        |
| C50551pla                 | PCA                        |   | \$ 66.93                      | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 4234  | \$ 25,107.62                        |
| C50578can                 | CANAL                      |   | \$ 1,286.91                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 468   | \$ 1,305.72                         |
| C50781rem                 | RIVET_MTR                  |   | \$112,699.53                  | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$ 650,000.00         | 497   | \$ 14.91                            |

Tabla 9. Tabla desglosada de costos previos al cálculo del costo de retención anual. Elaboración propia.

Posterior al cálculo de los costos anteriormente mencionados se calcula el costo anual de almacenamiento por componente, lo cual permitirá considerar el costeo a lo largo de un año de componentes constantes de 2014 a 2015, para ello se presenta la formula mencionada en el capítulo 2 para obtener el costo anual de almacenamiento:

Costo anual de almacenamiento

$$= \frac{\text{Costo por preparacion anual} * \text{Demanda anual}}{\text{Lote minimo de pedido}} + \frac{\text{Costo de retencion anual por pieza} * \text{Lote minimo de pedido}}{2}$$

| # de Parte del componente                     | Descripción del componente | Demanda anual | Lote mínimo de pedido | Costo por preparación anual | Costo de Ret. anual por pieza | Días de cobertura | Tiempo de entrega (días) | Costo anual de alm.      |
|---|----------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| 112340Riv                                     | RIVET T_WR                 | 19,740        | 300.00                | \$ 170,708.94               | \$ 236.67                     | 4                 | 21                       | \$ 11,268,148.48         |
| 113545Pca                                     | PCA MON_IZQ                | 2,835         | 318.00                | \$ 544,851.94               | \$ 1,054.86                   | 29                | 2                        | \$ 5,025,129.25          |
| 116707Cur                                     | Cursor_LH07                | 16,320        | 100.00                | \$ 273,833.02               | \$ 117.20                     | 2                 | 10                       | \$ 44,695,408.03         |
| 116722Cur                                     | Cursor_LH07                | 16,320        | 100.00                | \$ 273,833.02               | \$ 47.99                      | 2                 | 10                       | \$ 44,691,947.73         |
| 116945Rai                                     | RAIL ASSY_116              | 16,320        | 200.00                | \$ 180,466.03               | \$ 56.49                      | 3                 | 21                       | \$ 14,731,677.39         |
| 116947Rai                                     | RIEL ENS_116               | 16,320        | 200.00                | \$ 180,466.03               | \$ 133.03                     | 3                 | 21                       | \$ 14,739,330.64         |
| 116948Rai                                     | RAIL ASSY_116              | 3,420         | 183.00                | \$ 281,567.41               | \$ 183.40                     | 14                | 21                       | \$ 5,278,860.68          |
| 116949Sop                                     | SOP_MOTOR                  | 16,320        | 183.00                | \$ 186,900.91               | \$ 202.32                     | 3                 | 21                       | \$ 16,686,396.29         |
| 116952She                                     | SHEET M_SUP_RH             | 1,526         | 100.00                | \$ 333,387.26               | \$ 141.08                     | 17                | 21                       | \$ 5,094,543.43          |
| 117092Gla                                     | GLASS SUP_ASSY_RH          | 1,526         | 150.00                | \$ 481,005.88               | \$ 1,014.56                   | 26                | 21                       | \$ 4,969,524.97          |
| 117342Low                                     | LOWER CAB_ASSY             | 19,740        | 150.00                | \$ 233,404.47               | \$ 667.83                     | 2                 | 10                       | \$ 30,766,115.06         |
| 117346Upp                                     | UPPER C_ASSY_F             | 19,740        | 250.00                | \$ 178,447.45               | \$ 761.03                     | 3                 | 10                       | \$ 14,185,339.03         |
| 117554rub                                     | RUBBER TON_CON             | 19,740        | 500.00                | \$ 179,234.90               | \$ 4,559.23                   | 7                 | 10                       | \$ 8,216,001.35          |
| 118387sto                                     | STOP CUR_UP                | 39,480        | 250.00                | \$ 266,883.72               | \$ 535.48                     | 2                 | 7                        | \$ 42,213,213.27         |
| 119252tee                                     | TEE/T-stueck RH            | 19,740        | 200.00                | \$ 196,055.96               | \$ 311.75                     | 3                 | 10                       | \$ 19,381,897.87         |
| 119253tee                                     | TEE-T-stueck LH            | 19,740        | 200.00                | \$ 196,055.96               | \$ 442.31                     | 3                 | 10                       | \$ 19,394,953.80         |
| 1915454rue                                    | RUEDA_19                   | 12,160        | 500.00                | \$ 231,306.81               | \$ 1,599.69                   | 11                | 10                       | \$ 6,025,305.09          |
| C10463can                                     | CANAL                      | 4,330         | 100.00                | \$ 174,376.98               | \$ 1,480.48                   | 6                 | 25                       | \$ 7,624,547.35          |
| C10537rue                                     | RUEDA_19                   | 6,080         | 200.00                | \$ 201,461.45               | \$ 4,449.37                   | 9                 | 10                       | \$ 6,569,365.37          |
| C50547bra                                     | BRAZO_ARM                  | 4,330         | 100.00                | \$ 174,376.98               | \$ 1,402.24                   | 6                 | 10                       | \$ 7,620,635.28          |
| C50548bra                                     | BRAZO_ARM                  | 6,080         | 100.00                | \$ 169,130.73               | \$ 2,148.68                   | 4                 | 10                       | \$ 10,390,581.89         |
| C50549bra                                     | BRAZO_ARM                  | 6,080         | 100.00                | \$ 169,130.73               | \$ 1,935.26                   | 4                 | 10                       | \$ 10,379,911.26         |
| C50550pla                                     | PCA                        | 1,750         | 100.00                | \$ 297,003.61               | \$ 98.70                      | 15                | 10                       | \$ 5,202,498.06          |
| C50551pla                                     | PCA                        | 4,330         | 100.00                | \$ 174,376.98               | \$ 66.93                      | 6                 | 10                       | \$ 7,553,869.42          |
| C50578can                                     | CANAL                      | 6,080         | 100.00                | \$ 169,130.73               | \$ 1,286.91                   | 4                 | 10                       | \$ 10,347,493.85         |
| C50781rem                                     | RIVET_MTR                  | 6,080         | 300.00                | \$ 264,192.18               | \$112,699.53                  | 13                | 10                       | \$ 22,259,224.37         |
| <b>Total de costo anual de almacenamiento</b> |                            |               |                       |                             |                               |                   |                          | <b>\$ 395,311,919.20</b> |

Tabla 10. Tabla del cálculo del costo anual de almacenamiento. Elaboración propia.

Con el análisis podemos observar que el costo anual de almacenamiento es de \$395,311,919.20 considerando solo tener lo necesario para la producción (ni excesos ni escasez de materiales), independiente mente del espacio, puesto que los materiales se solicitan de forma constante y teniendo el espacio suficiente de los materiales por cada periodo.

### 3.1.2 Calculo de Punto de Reorden, volúmenes óptimos

El análisis aún no termina, debido a lo necesario que es calcular el volumen óptimo de pedido, para evitar excesos y potenciales obsolescencias, para ello también se calculó de la siguiente manera:

$$y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Obteniendo la siguiente tabla, cabe mencionar que va a calcular la cantidad de lotes mínimos, para calcular las cantidades exactas a ordenar es necesario multiplicar la cantidad del lote mínimo por el volumen óptimo:

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Lote mínimo de pedido | Tiempo de entrega (días) | Volumen Optimo por lote mín. | Volumen Optimo por piezas |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------|
| 112340Riv                 | RIVET T_WR                 | 19,740        | 300.00                | 21                       | 24.4                         | 7,337                     |
| 113545Pca                 | PCA MON_IZQ                | 2,835         | 318.00                | 2                        | 24.7                         | 7,885                     |
| 116707Cur                 | Cursor_LH07                | 16,320        | 100.00                | 10                       | 14.1                         | 1,414                     |
| 116722Cur                 | Cursor_LH07                | 16,320        | 100.00                | 10                       | 14.1                         | 1,414                     |
| 116945Rai                 | RAIL ASSY_116              | 16,320        | 200.00                | 21                       | 19.9                         | 3,999                     |
| 116947Rai                 | RIEL ENS_116               | 16,320        | 200.00                | 21                       | 19.9                         | 3,998                     |
| 116948Rai                 | RAIL ASSY_116              | 3,420         | 183.00                | 21                       | 19.1                         | 3,495                     |
| 116949Sop                 | SOP_MOTOR                  | 16,320        | 183.00                | 21                       | 19.1                         | 3,499                     |
| 116952She                 | SHEET M_SUP_RH             | 1,526         | 100.00                | 21                       | 14.1                         | 1,413                     |
| 117092Gla                 | GLASS SUP_ASSY_RH          | 1,526         | 150.00                | 21                       | 17.1                         | 2,578                     |
| 117342Low                 | LOWER CAB_ASSY             | 19,740        | 150.00                | 10                       | 17.3                         | 2,596                     |
| 117346Upp                 | UPPER C_ASSY_F             | 19,740        | 250.00                | 10                       | 22.2                         | 5,571                     |
| 117554rub                 | RUBBER TON_CON             | 19,740        | 500.00                | 10                       | 29.3                         | 14,674                    |
| 118387sto                 | STOP CUR_UP                | 39,480        | 250.00                | 7                        | 22.3                         | 5,586                     |
| 119252tee                 | TEE/T-stueck RH            | 19,740        | 200.00                | 10                       | 19.9                         | 3,997                     |
| 119253tee                 | TEE-T-stueck LH            | 19,740        | 200.00                | 10                       | 19.9                         | 3,995                     |
| 1915454rue                | RUEDA_19                   | 12,160        | 500.00                | 10                       | 30.5                         | 15,278                    |
| C10463can                 | CANAL                      | 4,330         | 100.00                | 25                       | 14.0                         | 1,407                     |
| C10537rue                 | RUEDA_19                   | 6,080         | 200.00                | 10                       | 19.3                         | 3,862                     |
| C50547bra                 | BRAZO_ARM                  | 4,330         | 100.00                | 10                       | 14.0                         | 1,408                     |
| C50548bra                 | BRAZO_ARM                  | 6,080         | 100.00                | 10                       | 14.0                         | 1,407                     |
| C50549bra                 | BRAZO_ARM                  | 6,080         | 100.00                | 10                       | 14.0                         | 1,408                     |

|           |           |       |        |    |      |       |
|-----------|-----------|-------|--------|----|------|-------|
| C50550pla | PCA       | 1,750 | 100.00 | 10 | 14.1 | 1,414 |
| C50551pla | PCA       | 4,330 | 100.00 | 10 | 14.1 | 1,414 |
| C50578can | CANAL     | 6,080 | 100.00 | 10 | 14.0 | 1,410 |
| C50781rem | RIVET_MTR | 6,080 | 300.00 | 10 | 12.0 | 3,604 |

Tabla 11. Tabla de componentes con volúmenes óptimos por lote y por piezas. Elaboración propia.

Posteriormente al cálculo de las cantidades a pedir a los proveedores podemos necesitamos saber el momento de solicitar la Orden Económica de Pedido, pues si no se controla y se sincroniza con el tiempo de entrega de los proveedores seguramente se presentarían dos situaciones, la primera sería el exceso de material dentro del almacén generado por no controlar los tiempos de entrega de proveedores; la otra situación es el desabasto de materiales debido a la falta de entrega de proveedor debido a ignorar el tiempo de entrega (manufactura y entrega).

Considerando que es parte importante el punto de reorden, se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Punto de Reorden} = \text{Demanda diaria} * \text{tiempo de entrega (días)}$$

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Lote mínimo de pedido | Tiempo de entrega (días) | Punto de reorden (piezas) |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|
| 112340Riv                 | RIVET T_WR                 | 19,740        | 300.00                | 21                       | 1,594                     |
| 113545Pca                 | PCA MON_IZQ                | 2,835         | 318.00                | 2                        | 22                        |
| 116707Cur                 | Cursor_LH07                | 16,320        | 100.00                | 10                       | 628                       |
| 116722Cur                 | Cursor_LH07                | 16,320        | 100.00                | 10                       | 628                       |
| 116945Rai                 | RAIL ASSY_116              | 16,320        | 200.00                | 21                       | 1,318                     |
| 116947Rai                 | RIEL ENS_116               | 16,320        | 200.00                | 21                       | 1,318                     |
| 116948Rai                 | RAIL ASSY_116              | 3,420         | 183.00                | 21                       | 276                       |
| 116949Sop                 | SOP_MOTOR                  | 16,320        | 183.00                | 21                       | 1,318                     |
| 116952She                 | SHEET M_SUP_RH             | 1,526         | 100.00                | 21                       | 123                       |
| 117092Gla                 | GLASS SUP_ASSY_RH          | 1,526         | 150.00                | 21                       | 123                       |
| 117342Low                 | LOWER CAB_ASSY             | 19,740        | 150.00                | 10                       | 759                       |
| 117346Upp                 | UPPER C_ASSY_F             | 19,740        | 250.00                | 10                       | 759                       |
| 117554rub                 | RUBBER TON_CON             | 19,740        | 500.00                | 10                       | 759                       |
| 118387sto                 | STOP CUR_UP                | 39,480        | 250.00                | 7                        | 1,063                     |
| 119252tee                 | TEE/T-stueck RH            | 19,740        | 200.00                | 10                       | 759                       |
| 119253tee                 | TEE-T-stueck LH            | 19,740        | 200.00                | 10                       | 759                       |

|            |           |        |        |    |     |
|------------|-----------|--------|--------|----|-----|
| 1915454rue | RUEDA_19  | 12,160 | 500.00 | 10 | 468 |
| C10463can  | CANAL     | 4,330  | 100.00 | 25 | 416 |
| C10537rue  | RUEDA_19  | 6,080  | 200.00 | 10 | 234 |
| C50547bra  | BRAZO_ARM | 4,330  | 100.00 | 10 | 167 |
| C50548bra  | BRAZO_ARM | 6,080  | 100.00 | 10 | 234 |
| C50549bra  | BRAZO_ARM | 6,080  | 100.00 | 10 | 234 |
| C50550pla  | PCA       | 1,750  | 100.00 | 10 | 67  |
| C50551pla  | PCA       | 4,330  | 100.00 | 10 | 167 |
| C50578can  | CANAL     | 6,080  | 100.00 | 10 | 234 |
| C50781rem  | RIVET_MTR | 6,080  | 300.00 | 10 | 234 |

Tabla 12. Cálculo de Punto de reorden en piezas por componente. Elaboración propia.

### 3.1.3 Cálculo de variables externas (impacto al modelo).

Sin embargo no hay que olvidar que tenemos variables incontrolables (factores externos), sin embargo podemos calcular proteger las tendencias de desviaciones, la NO probabilidad de desabasto y el cálculo de las existencias (material mínimo en almacén), también conocida como stock de seguridad.

Desviación estándar de la demanda:

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{\text{Demanda diaria}^2 * \text{tiempo de entrega (días)}}$$

Probabilidad de no sufrir un desabasto al 90%: El porcentaje para no generar el desabasto es generado por el investigador, considerando el valor 1.65 determinado en el libro: Administración de la producción y operaciones.

Cálculo de existencia de reserva:

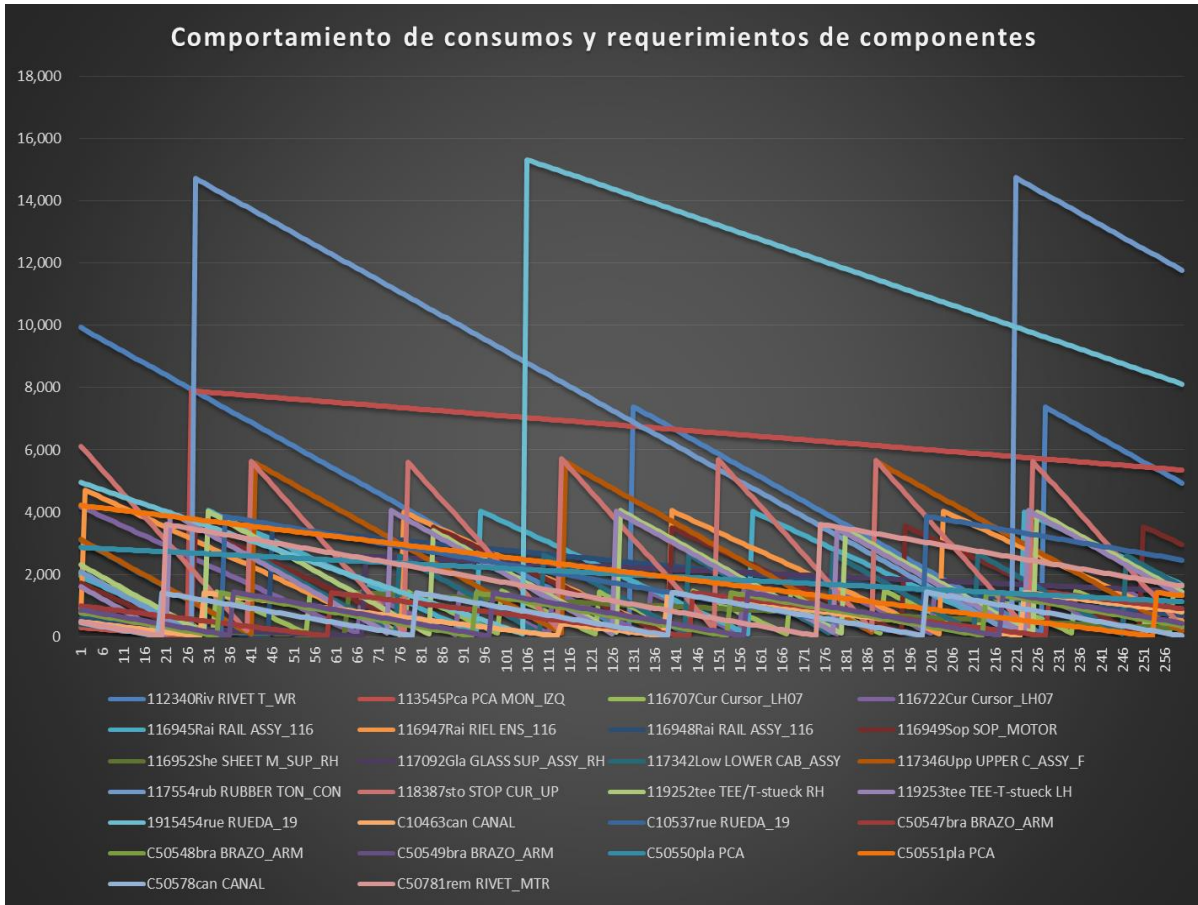
*Existencia de reserva*

$$= \text{Desviación estándar} * \text{Probabilidad de no sufrir desabasto}$$

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Lote mínimo de pedido | Tiempo de entrega (días) | Punto de reorden (piezas) | Desviación estándar de la demanda | Probabilidad NO desabasto (90%) | Calculo de existencia de reserva |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 112340Riv                 | RIVETT_WR                  | 19,740        | 300.00                | 21                       | 1,594                     | 347.9232469                       | 1.65                            | 574.07                           |
| 113545Pca                 | PCA MON_IZQ                | 2,835         | 318.00                | 2                        | 22                        | 15.42036711                       | 1.65                            | 25.44                            |
| 116707Cur                 | Cursor_LH07                | 16,320        | 100.00                | 10                       | 628                       | 198.4937362                       | 1.65                            | 327.51                           |
| 116722Cur                 | Cursor_LH07                | 16,320        | 100.00                | 10                       | 628                       | 198.4937362                       | 1.65                            | 327.51                           |
| 116945Rai                 | RAIL ASSY_116              | 16,320        | 200.00                | 21                       | 1,318                     | 287.6447513                       | 1.65                            | 474.61                           |
| 116947Rai                 | RIEL ENS_116               | 16,320        | 200.00                | 21                       | 1,318                     | 287.6447513                       | 1.65                            | 474.61                           |
| 116948Rai                 | RAIL ASSY_116              | 3,420         | 183.00                | 21                       | 276                       | 60.27849567                       | 1.65                            | 99.46                            |
| 116949Sop                 | SOP_MOTOR                  | 16,320        | 183.00                | 21                       | 1,318                     | 287.6447513                       | 1.65                            | 474.61                           |
| 116952She                 | SHEET M_SUP_RH             | 1,526         | 100.00                | 21                       | 123                       | 26.89619427                       | 1.65                            | 44.38                            |
| 117092Gla                 | GLASS SUP_ASSY_RH          | 1,526         | 150.00                | 21                       | 123                       | 26.89619427                       | 1.65                            | 44.38                            |
| 117342Low                 | LOWER CAB_ASSY             | 19,740        | 150.00                | 10                       | 759                       | 240.0898500                       | 1.65                            | 396.15                           |
| 117346Upp                 | UPPER C_ASSY_F             | 19,740        | 250.00                | 10                       | 759                       | 240.0898500                       | 1.65                            | 396.15                           |
| 117554rub                 | RUBBER TON_CON             | 19,740        | 500.00                | 10                       | 759                       | 240.0898500                       | 1.65                            | 396.15                           |
| 118387sto                 | STOP CUR_UP                | 39,480        | 250.00                | 7                        | 1,063                     | 401.7471606                       | 1.65                            | 662.88                           |
| 119252tee                 | TEE/T-stueck RH            | 19,740        | 200.00                | 10                       | 759                       | 240.0898500                       | 1.65                            | 396.15                           |
| 119253tee                 | TEE-T-stueck LH            | 19,740        | 200.00                | 10                       | 759                       | 240.0898500                       | 1.65                            | 396.15                           |
| 1915454rue                | RUEDA_19                   | 12,160        | 500.00                | 10                       | 468                       | 147.8972936                       | 1.65                            | 244.03                           |
| C10463can                 | CANAL                      | 4,330         | 100.00                | 25                       | 416                       | 83.26923076                       | 1.65                            | 137.39                           |
| C10537rue                 | RUEDA_19                   | 6,080         | 200.00                | 10                       | 234                       | 73.94864682                       | 1.65                            | 122.02                           |
| C50547bra                 | BRAZO_ARM                  | 4,330         | 100.00                | 10                       | 167                       | 52.66408564                       | 1.65                            | 86.90                            |
| C50548bra                 | BRAZO_ARM                  | 6,080         | 100.00                | 10                       | 234                       | 73.94864682                       | 1.65                            | 122.02                           |
| C50549bra                 | BRAZO_ARM                  | 6,080         | 100.00                | 10                       | 234                       | 73.94864682                       | 1.65                            | 122.02                           |
| C50550pla                 | PCA                        | 1,750         | 100.00                | 10                       | 67                        | 21.28456117                       | 1.65                            | 35.12                            |
| C50551pla                 | PCA                        | 4,330         | 100.00                | 10                       | 167                       | 52.66408564                       | 1.65                            | 86.90                            |
| C50578can                 | CANAL                      | 6,080         | 100.00                | 10                       | 234                       | 73.94864682                       | 1.65                            | 122.02                           |
| C50781rem                 | RIVET_MTR                  | 6,080         | 300.00                | 10                       | 234                       | 73.94864682                       | 1.65                            | 122.02                           |

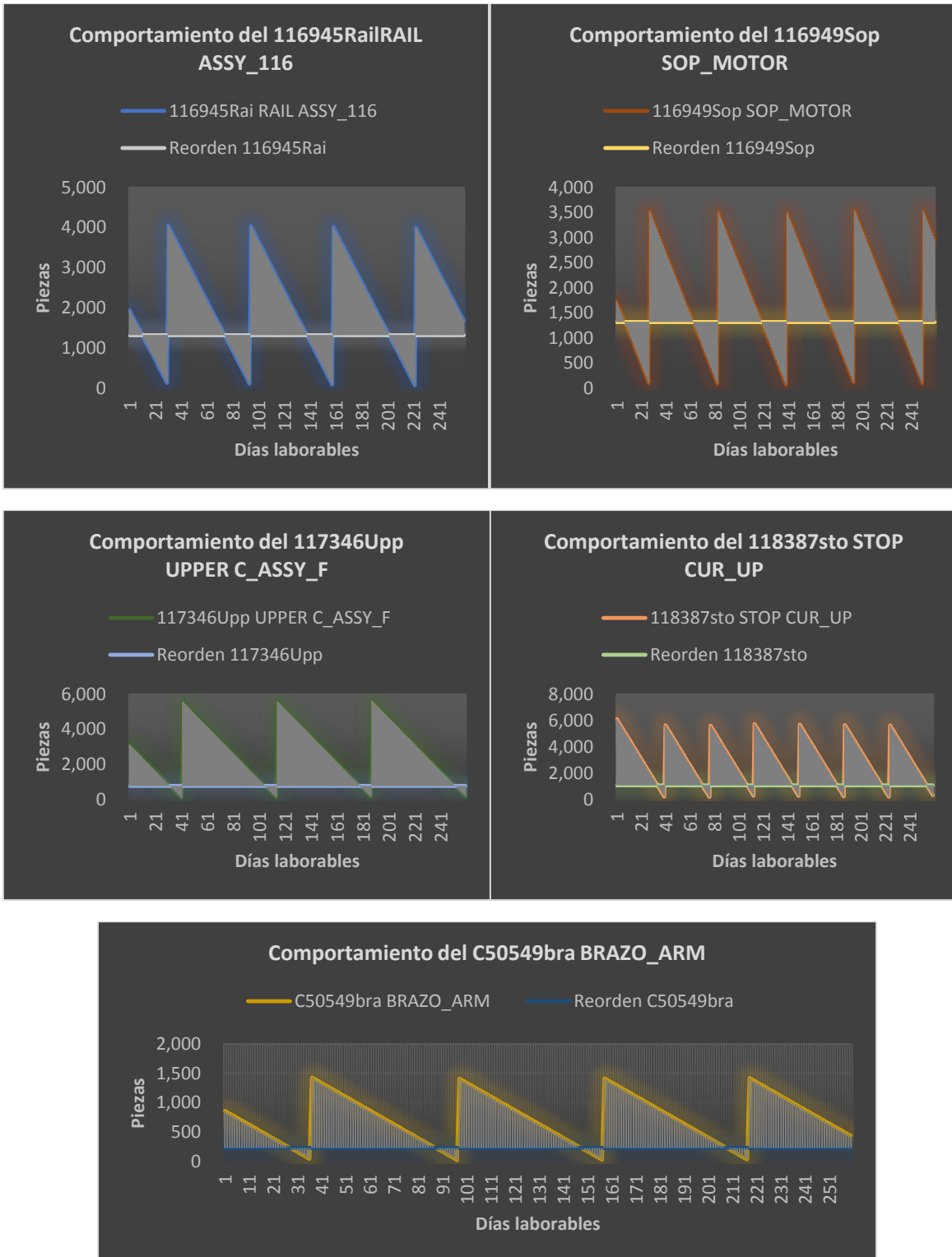
Tabla 13. Tabla con indicadores probabilísticas: Desviación estándar, Probabilidad NO desabasto y cálculo de existencia de reserva. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los datos anteriormente mencionados se trabajará en los requerimientos hacia los proveedores, considerando los factores que intervienen. Cabe mencionar que podemos tener un panorama general de los componentes, su comportamiento como se presenta en la siguiente gráfica:



Gráfica 18. Comportamiento de los inventarios por componente aplicando el modelo EOQ a lo largo de un año (5 días a la semana por 52 semanas). Elaboración propia.

Cabe mencionar que hay algunos componentes considerados de alto movimiento debido a los constantes consumo al igual que a las rápidas llegadas de los materiales por parte de los proveedores, para ello tenemos las siguientes graficas de los principales 5 componentes que tienen mayor movimiento durante el año considerado:



Gráfica 19. Las gráficas de los principales cinco componentes con mayor movimiento (entradas y salidas). Elaboración propia.

## 3.2 EOQ de varios artículos con limitación de almacenamiento - Aplicado

La segunda clasificación (EOQ de varios artículos con limitación de almacenamiento) son materiales considerados como de lento movimiento, debido a que son volúmenes relativamente pequeños a comparación de los componentes de demanda constante, incluso estos componentes tienen la característica de tener un tiempo de entrega de 16 semanas, esto generado por la gestión de materiales, maquinaria y maquila mucho más prolongadas.

Debido a las características de éstos componentes se considera otro modelo de EOQ de varios artículos con limitación de almacenamiento, pues estos materiales no tienen tal prioridad como los componentes para producción en serie ni son tan solicitados como los componentes de constantes de servicio.

### **3.2.1 Costos de preparación anuales.**

Como en el modelo anterior se mencionó, se necesitan calcular los costos de los principales factores para llevar a la realidad el proyecto, por ello se retoman el cálculo de los siguientes costos:

Costos CPA: costos de los agentes de compras (planeador y comprador), anteriormente mencionado, se calcula el costo en \$480,000.00 anuales.

Costos CPMS: éste costo anteriormente mencionado se fija en \$360,000 anuales.

Costo CSER: éstos costos considera el costo promedio \$3'912,668.21 considerando toda la muestra de los componentes.

Costos de retención anual: estos costos son independientes de los componentes sin embargo se contemplan dentro del proyecto en este modelo debido a son necesarios para el cálculo del costeo del proyecto permitiendo mencionados en la tabla siguiente:

Considerando la fórmula para calcular los siguientes costos:

$$\text{Costo de preparacion anual} = \frac{CPA + CPMS + CSER}{\text{Pedidos totales al año}}$$

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Costo por preparación anual | Moneda | Costo por preparación ANUALES |              |                | Costos indirectos generales |   |                      |                                |                  |                                       |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------|-------------------------------|--------------|----------------|-----------------------------|---|----------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------------------|
|                           |                            |                             |        | CPA                           | CPMS         | CSER           | PEDIDOS TOTALES AL AÑO      | Cantidad de hojas utilizadas anualmente | Minutos al proveedor | Papelería y toners (\$/unidad) | Costo por minuto | Costos de luz y arrendamiento (anual) |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | \$ 651,395.69               | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,980,328.12 | 7.4                         | 370                                     | 222                  | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | \$ 3,386,520.09             | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,901,128.12 | 1.4                         | 70                                      | 42                   | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | \$ 2,710,161.07             | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,902,781.87 | 1.75                        | 87.5                                    | 52.5                 | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |
| 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            | \$ 5,468,440.14             | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,899,314.79 | 0.866666667                 | 43.33333333                             | 26                   | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | \$ 2,129,452.91             | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,905,637.92 | 2.228571429                 | 111.4285714                             | 66.8571429           | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | \$ 1,467,263.74             | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,913,934.52 | 3.24                        | 162                                     | 97.2                 | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | \$ 1,467,263.74             | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,913,934.52 | 3.24                        | 162                                     | 97.2                 | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |
| C60056arm                 | ARM_DRIVE                  | \$ 2,432,765.06             | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,903,891.87 | 1.95                        | 97.5                                    | 58.5                 | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |
| C60072sec                 | SEC_MAN                    | \$ 2,432,765.06             | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,903,891.87 | 1.95                        | 97.5                                    | 58.5                 | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |
| G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   | \$ 3,039,640.08             | MXN    | \$480,000.00                  | \$360,000.00 | \$3,901,838.52 | 1.56                        | 78                                      | 46.8                 | \$ 0.14                        | \$ 0.86          | \$3,898,188.00                        |

Tabla 14. Costos de preparación anual de componentes con requerimientos variables, desglosando de costos de preparación anual e indirectos generales. Elaboración propia.

Otros de los costos que se necesitan considerar dentro del proyecto son los costos de retención anual por pieza, la cual se calculan de la siguiente manera:

*Costo de retención anual*

$$= \frac{\text{Instalaciones} + \text{Manejo de material (personal)} + \text{Mtto. de equipos} + \text{Mtto. de edificio} + \text{Personal de seguridad}}{\text{Inventario} \times \text{precio unitario}}$$

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Costo de Ret. anual por pieza | Costo de Retención anual |                                  |                               |                             |                       | Inv   | Valor del inventario del componente |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------|-------------------------------------|
|                           |                            |                               | Instalaciones            | Personal de manejo de materiales | Mtto de equipos (montacargas) | Mtto de edificio preventivo | Personal de seguridad |       |                                     |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | \$ 838.08                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,000.00          | 500   | \$ 2,005.00                         |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | \$134,428.08                  | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,001.00          | 250   | \$ 12.50                            |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | \$ 133.36                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,002.00          | 30000 | \$ 12,600.00                        |
| 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            | \$ 1,754.75                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,003.00          | 152   | \$ 957.60                           |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | \$ 980.60                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,004.00          | 4284  | \$ 1,713.60                         |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | \$ 1,996.10                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,005.00          | 1718  | \$ 841.82                           |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | \$ 1,064.68                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,006.00          | 844   | \$ 1,578.28                         |
| C60056arm                 | ARM DRIVE                  | \$ 1,207.80                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,007.00          | 1325  | \$ 1,391.25                         |
| C60072sec                 | SEC_MAN                    | \$ 1,427.66                   | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,008.00          | 550   | \$ 1,177.00                         |
| G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   | \$ 472.28                     | \$1,000,000.00           | \$ 350.00                        | \$ 12,000.00                  | \$18,000.00                 | \$650,009.00          | 5930  | \$ 3,558.00                         |

Tabla 15. Tabla de desglose de los costos de retención anual. Elaboración propia.

Posterior a los cálculos de costos anuales es necesario contemplar todo el costo anual de almacenamiento como se presenta a continuación:

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Lote mínimo de proveedor | Costo por preparación anual | Costo de Ret. anual por pieza | Tiempo de entrega (días) | Costo anual de alm. |
|---------------------------|----------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | 370           | 50                       | \$ 651,395.69               | \$ 838.08                     | 30                       | \$ 4,841,280.12     |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | 350           | 250                      | \$ 3,386,520.09             | \$134,428.08                  | 10                       | \$ 21,544,638.12    |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | 350           | 200                      | \$ 2,710,161.07             | \$ 133.36                     | 30                       | \$ 4,756,118.00     |
| 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            | 780           | 900                      | \$ 5,468,440.14             | \$ 1,754.75                   | 30                       | \$ 5,528,954.36     |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | 2,340         | 1050                     | \$ 2,129,452.91             | \$ 980.60                     | 10                       | \$ 5,260,452.26     |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | 324           | 100                      | \$ 1,467,263.74             | \$ 1,996.10                   | 10                       | \$ 4,853,739.41     |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | 162           | 50                       | \$ 1,467,263.74             | \$ 1,064.68                   | 20                       | \$ 4,780,551.41     |
| C60056arm                 | ARM DRIVE                  | 780           | 400                      | \$ 2,432,765.06             | \$ 1,207.80                   | 30                       | \$ 4,985,452.63     |
| C60072sec                 | SEC_MAN                    | 780           | 400                      | \$ 2,432,765.06             | \$ 1,427.66                   | 30                       | \$ 5,029,424.24     |
| G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   | 780           | 500                      | \$ 3,039,640.08             | \$ 472.28                     | 30                       | \$ 4,859,907.59     |
| Total                     |                            |               |                          |                             |                               |                          | \$66,440,518.14     |

Tabla 16. Tabla completa de costos de los componentes con demandas variables. Elaboración propia.

En la tabla anterior se refleja la extensión de todos los costos, incluso los cálculos del costo total de las piezas necesarias para cumplir los requerimientos anuales de los componentes con demandas variables, este es de \$66'440,518.14

### 3.2.2 Cálculo de EOQ's con limitación de almacenamiento.

Sin embargo, algunos de los factores que van a cambiar son los siguientes, pues se busca obtener la mejor opción para tener un punto de reorden determinado (el mejor) al igual que las cantidades óptimas de pedido, los principales factores son:

$$D_i = \text{Tasa de demanda}$$

Para este proyecto se consideraron 3 posibles opciones debido a las variaciones que se han presentado con variaciones tanto positivas (incrementos) como negativas (cancelaciones), las cuales se consideraron de la siguiente manera:

Di1: Demanda diaria considerando la demanda anual en 260 días (5 días a la semana por 52 semanas)

Di2: Demanda diaria con incremento al triple del requerimiento Di1

Di3: Demanda diaria con una cancelación del 50% de la demanda Di1

Los cálculos se presentan en la siguiente tabla considerando los posibles tres casos.

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Proveedores afectados | Lote mínimo de proveedor | Di1            | Di2   | Di3  |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|----------------|-------|------|
|                           |                            |               |                       |                          | Demanda diaria |       |      |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | 370           | Iny_Espum             | 50                       | 1.42           | 4.27  | 0.71 |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | 350           | RO_BOSCH              | 250                      | 1.35           | 4.04  | 0.67 |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | 350           | B&M                   | 200                      | 1.35           | 4.04  | 0.67 |
| 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            | 780           | ORCH_J                | 900                      | 3.00           | 9.00  | 1.50 |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | 2,340         | HOLL_PLAN             | 1050                     | 9.00           | 27.00 | 4.50 |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | 324           | TROQ_CARM             | 100                      | 1.25           | 3.74  | 0.62 |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | 162           | CDQ                   | 50                       | 0.62           | 1.87  | 0.31 |
| C60056arm                 | ARM_DRIVE                  | 780           | ORCH_J                | 400                      | 3.00           | 9.00  | 1.50 |
| C60072sec                 | SEC_MAN                    | 780           | ORCH_J                | 400                      | 3.00           | 9.00  | 1.50 |
| G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   | 780           | ORCH_J                | 500                      | 3.00           | 9.00  | 1.50 |

Tabla 17. Tabla considerando las tres opciones de demanda diaria por componente con demanda variable. Elaboración propia.

$$K_i = \text{Costo de preparación}$$

En el caso de los costos de preparación se consideraron los siguientes posibles tres casos:

Ki1: Costos de preparación anual dividida en los 260 días que se está considerando dentro del proyecto.

Ki2: Se consideró un incremento del 50% del costo calculado de Ki1, éste debido a actividades adicionales que se pueden presentar para preparar el material.

Ki3: Se consideró una reducción del 30% del costo calculado de Ki1, esto implica una mejora potencial para reducir el costo de las actividades para preparar el material, pues no es forzoso realizar las mismas actividades siempre.

A continuación se presentan los resultados en la siguiente tabla:

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Proveedores afectados | Lote mínimo de proveedor | Costo por preparación anual | Ki1                          | Ki2          | Ki3          |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------|--------------|
|                           |                            |               |                       |                          |                             | Costo por preparación diaria |              |              |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | 370           | Iny_Espum             | 50                       | \$ 651,395.69               | \$ 2,505.37                  | \$ 3,758.05  | \$ 1,753.76  |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | 350           | RO_BOSCH              | 250                      | \$ 3,386,520.09             | \$ 13,025.08                 | \$ 19,537.62 | \$ 9,117.55  |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | 350           | B&M                   | 200                      | \$ 2,710,161.07             | \$ 10,423.70                 | \$ 15,635.54 | \$ 7,296.59  |
| 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            | 780           | ORCH_J                | 900                      | \$ 5,468,440.14             | \$ 21,032.46                 | \$ 31,548.69 | \$ 14,722.72 |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | 2,340         | HOLL_PLAN             | 1050                     | \$ 2,129,452.91             | \$ 8,190.20                  | \$ 12,285.31 | \$ 5,733.14  |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | 324           | TROQ_CARM             | 100                      | \$ 1,467,263.74             | \$ 5,643.32                  | \$ 8,464.98  | \$ 3,950.33  |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | 162           | CDQ                   | 50                       | \$ 1,467,263.74             | \$ 5,643.32                  | \$ 8,464.98  | \$ 3,950.33  |
| C60056arm                 | ARM_DRIVE                  | 780           | ORCH_J                | 400                      | \$ 2,432,765.06             | \$ 9,356.79                  | \$ 14,035.18 | \$ 6,549.75  |
| C60072sec                 | SEC_MAN                    | 780           | ORCH_J                | 400                      | \$ 2,432,765.06             | \$ 9,356.79                  | \$ 14,035.18 | \$ 6,549.75  |
| G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   | 780           | ORCH_J                | 500                      | \$ 3,039,640.08             | \$ 11,690.92                 | \$ 17,536.39 | \$ 8,183.65  |

Tabla 18. Resultados del cálculo de los costos y sus tres posibles casos. Elaboración propia.

$h_i = \text{Costo de retención unitario por unidad de tiempo}$

$$h_i = \frac{\text{Costo de retención} * \text{lote mínimo de proveedor}}{\text{Demanda diaria}}$$

Cabe mencionar que se calcularan tres posibles variaciones de los costos de retención:

Hi1: Este costo se basa en la multiplicación de costos de retención diaria por el lote mínimo del proveedor, dividido entre la demanda diaria calculada como Di1.

Hi2: Este costo está considerando un incremento al triple de la demanda (como se mencionaron en la descripción del cálculo de la demanda diaria para Di2), considerando el mismo costo de retención diaria y su correspondiente lote mínimo.

Hi3: El costo de ésta propuesta se calcula con un decremento del 50% en la demanda diaria (Calculo de Di3), considerando como cantidades constantes (sin cambio para el cálculo de los costos) a los costos de retención diarias y el lote mínimo.

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Proveedores afectados | Lote mínimo | Di1 Di2 Di3    |       |      | Costo de Ret. anual por pieza | Costo de Retención diaria | hi1 hi2 hi3                                      |              |              |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|-------------|----------------|-------|------|-------------------------------|---------------------------|--|--------------|--------------|
|                           |                            |               |                       |             | Demanda diaria |       |      |                               |                           | Costo de retención unitario por unidad de tiempo |              |              |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | 370           | Iny_Espum             | 50          | 1.42           | 4.27  | 0.71 | \$ 838.08                     | \$ 3.22                   | \$ 113.25  | \$ 37.75     | \$ 226.51    |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | 350           | RO_BOSCH              | 250         | 1.35           | 4.04  | 0.67 | \$134,428.08                  | \$ 517.03                 | \$96,020.06                                      | \$ 32,006.69 | \$192,040.11 |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | 350           | B&M                   | 200         | 1.35           | 4.04  | 0.67 | \$ 133.36                     | \$ 0.51                   | \$ 76.21   | \$ 25.40     | \$ 152.41    |
| 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            | 780           | ORCH_J                | 900         | 3.00           | 9.00  | 1.50 | \$ 1,754.75                   | \$ 6.75                   | \$ 2,024.72                                      | \$ 674.91    | \$ 4,049.43  |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | 2,340         | HOLL_PLAN             | 1050        | 9.00           | 27.00 | 4.50 | \$ 980.60                     | \$ 3.77                   | \$ 440.01  | \$ 146.67    | \$ 880.02    |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | 324           | TROQ_CARM             | 100         | 1.25           | 3.74  | 0.62 | \$ 1,996.10                   | \$ 7.68                   | \$ 616.08  | \$ 205.36    | \$ 1,232.16  |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | 162           | CDQ                   | 50          | 0.62           | 1.87  | 0.31 | \$ 1,064.68                   | \$ 4.09                   | \$ 328.60  | \$ 109.53    | \$ 657.21    |
| C60056arm                 | ARM_DRIVE                  | 780           | ORCH_J                | 400         | 3.00           | 9.00  | 1.50 | \$ 1,207.80                   | \$ 4.65                   | \$ 619.39  | \$ 206.46    | \$ 1,238.77  |
| C60072sec                 | SEC_MAN                    | 780           | ORCH_J                | 400         | 3.00           | 9.00  | 1.50 | \$ 1,427.66                   | \$ 5.49                   | \$ 732.13  | \$ 244.04    | \$ 1,464.27  |
| G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   | 780           | ORCH_J                | 500         | 3.00           | 9.00  | 1.50 | \$ 472.28                     | \$ 1.82                   | \$ 302.74  | \$ 100.91    | \$ 605.48    |

Tabla 19. Tabla de cálculos de los costos de retención unitaria por unidad de tiempo. Elaboración propia.

En la tabla superior se ve el cálculo de los costos de retención unitaria por unidad de tiempo está relacionada con la demanda diaria calculada por cada opción correspondiente y el costo de retención diaria se determinó por las unidades de tiempo consideradas dentro del proyecto.

Una de las observaciones que podemos ver dentro de la tabla y con la información proporcionada previo a la tabla, es mientras exista un incremento en la demanda el costo de retención disminuye, pues el tiempo dentro del almacén disminuye por lo que el costo también es disminuido.

Posterior a los datos anteriormente presentados se calcula la cantidad de pedido, considerando de igual manera se calcularan 3 opciones factibles dentro del proyecto.

$y_i =$  Cantidad de pedido

$$y_i = \sqrt{\frac{2K_i D_i}{h_i}}$$

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Proveedores afectados | Lote mínimo | yi1           | yi2  | yi3 |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|-------------|---------------|------|-----|
|                           |                            |               |                       |             | Óptimos de yi |      |     |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | 370           | Iny_Espum             | 50          | 7.9           | 29.1 | 3.3 |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | 350           | RO_BOSCH              | 250         | 0.6           | 2.2  | 0.2 |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | 350           | B&M                   | 200         | 19.1          | 70.5 | 8.0 |
| 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            | 780           | ORCH_J                | 900         | 7.8           | 29.0 | 3.3 |

|           |           |       |           |      |      |      |     |
|-----------|-----------|-------|-----------|------|------|------|-----|
| C50203rue | RUEDA_19  | 2,340 | HOLL_PLAN | 1050 | 18.3 | 67.2 | 7.6 |
| C50406bra | BRACKET_C | 324   | TROQ_CARM | 100  | 4.7  | 17.5 | 1.9 |
| C50410tub | TUBO_C    | 162nn | CDQ       | 50   | 4.6  | 16.9 | 1.9 |
| C60056arm | ARM DRIVE | 780   | ORCH_J    | 400  | 9.5  | 34.9 | 3.9 |
| C60072sec | SEC_MAN   | 780   | ORCH_J    | 400  | 8.7  | 32.1 | 3.6 |
| G5240Hcub | CUBI_ZIN  | 780   | ORCH_J    | 500  | 15.2 | 55.9 | 6.3 |

*Tabla 20. Tabla de descripción de cantidades de pedido calculado en lotes mínimos de pedido. Elaboración propia.*

Utilizando la fórmula previa a la tabla se calculará en base a las variables que se han estado obteniendo durante el apartado, esto dependerá y se comportará según cada cálculo y las variables principalmente afectadas.

En la tabla superior se observa que a través de la fórmula se calcula el lote mínimo a pedir, considerando lo necesario para cada componente y su demanda lenta o esporádica de estos componentes.

Éste modelo también considera el tema de espacios como un factor que restringe o permite cierta cantidad de material, para ello tenemos que considerar el espacio necesario por pieza, para considerar esta restricción es necesario calcular el área por pieza que se necesita, lo cual se muestra a continuación:

$a_i =$  *Requerimiento de área de almacenamiento por unidad de inventario*

Cabe mencionar que las tres opciones que se manejan dentro del estudio son las siguientes determinadas de forma aleatoria:

Ai1: Cálculo de área por pieza (dimensiones reales)

Ai2: Supuesto de la variación de Ai1, considerando que es 20% menor a las dimensiones reales.

Ai3: Supuesto de la variación de Ai1, considerando que es 50% mayor a las dimensiones reales.

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Proveedores afectados | Lote mínimo | ai1                      | ai2  | ai3  |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|-------------|--------------------------|------|------|
|                           |                            |               |                       |             | Req. de área por und. M2 |      |      |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | 370           | Iny_Espum             | 50          | 0.23                     | 0.18 | 0.34 |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | 350           | RO_BOSCH              | 250         | 0.01                     | 0.01 | 0.02 |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | 350           | B&M                   | 200         | 0.00                     | 0.00 | 0.00 |
| 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            | 780           | ORCH_J                | 900         | 0.05                     | 0.04 | 0.07 |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | 2,340         | HOLL_PLAN             | 1050        | 0.00                     | 0.00 | 0.00 |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | 324           | TROQ_CARM             | 100         | 0.01                     | 0.00 | 0.01 |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | 162           | CDQ                   | 50          | 0.02                     | 0.01 | 0.02 |
| C60056arm                 | ARM_DRIVE                  | 780           | ORCH_J                | 400         | 0.02                     | 0.01 | 0.02 |
| C60072sec                 | SEC_MAN                    | 780           | ORCH_J                | 400         | 0.01                     | 0.00 | 0.01 |
| G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   | 780           | ORCH_J                | 500         | 0.01                     | 0.00 | 0.01 |

Tabla 21. Tabla con las áreas determinadas por componente y las dos opciones adicionales (variaciones mayores y menores). Elaboración propia.

Otros de los conceptos que se tienen que mencionar es el cálculo óptimo del espacio utilizado va a depender en los factores anteriormente mencionados como son: Factor Optimo de Yi y Ai, calculando así la siguiente tabla:

| # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Proveedores afectados | Lote mínimo | yi1           | yi2   | yi3  | ai1  | ai2  | ai3  | Req. de área por und. M2 | ai1*yi1 | ai2*yi2 | ai3*yi3 | Sumatorias |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-----------------------|-------------|---------------|-------|------|------|------|------|--------------------------|---------|---------|---------|------------|
|                           |                            |               |                       |             | Óptimos de yi |       |      |      |      |      |                          |         |         |         |            |
| 868854866can              | CANAL_AGUA_NB              | 370           | Iny_Espum             | 50          | 7.90          | 29.10 | 3.30 | 0.23 | 0.18 | 0.34 | 89.27                    | 262.39  | 56.01   | 407.67  |            |
| 943696716                 | MOTOR-ELEC_HB              | 350           | RO_BOSCH              | 250         | 0.60          | 2.20  | 0.25 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 1.63                     | 4.80    | 1.02    | 7.45    |            |
| 944684950foa              | DAMPING_F                  | 350           | B&M                   | 200         | 19.10         | 70.50 | 8.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.38                     | 1.13    | 0.24    | 1.75    |            |
| 5242ACpin                 | PINION & K_ASSY            | 780           | ORCH_J                | 900         | 7.80          | 29.00 | 3.30 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 319.74                   | 939.83  | 200.63  | 1460.20 |            |
| C50203rue                 | RUEDA_19                   | 2340          | HOLL_PLAN             | 1050        | 18.30         | 67.20 | 7.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 48.05                    | 141.23  | 30.15   | 219.43  |            |
| C50406bra                 | BRACKET_C                  | 324           | TROQ_CARM             | 100         | 4.70          | 17.50 | 1.99 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 2.39                     | 7.02    | 1.50    | 10.91   |            |
| C50410tub                 | TUBO_C                     | 162           | CDQ                   | 50          | 4.60          | 16.90 | 1.93 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 3.47                     | 10.20   | 2.18    | 15.85   |            |
| C60056arm                 | ARM_DRIVE                  | 780           | ORCH_J                | 400         | 9.50          | 34.90 | 3.98 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 57.12                    | 167.91  | 35.84   | 260.87  |            |
| C60072sec                 | SEC_MAN                    | 780           | ORCH_J                | 400         | 8.70          | 32.10 | 3.66 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 17.51                    | 51.48   | 10.99   | 79.98   |            |
| G5240Hcub                 | CUBI_ZIN                   | 780           | ORCH_J                | 500         | 15.20         | 55.90 | 6.36 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 38.05                    | 111.86  | 23.88   | 173.79  |            |

Tabla 22. Cálculo óptimo de áreas por cantidades de los lotes mínimos considerando las variabilidades en incrementos y bajas de demandas. Permitiendo tener una visión más amplia. Elaboración propia.

De esta manera se puede observar cómo se comportan los espacios por componente según la demanda, esto permite comprender el espacio necesario para los componentes menos comunes debido a que su espacio necesita lugares definidos en el menor lote posible sin dejar de vista el suficiente stock para mantener la producción comprometida.

Cabe mencionar que los dos modelos tienen fines muy prácticos utilizados principalmente en la Industria, siempre teniendo presente el principal objetivo, no

detener la línea de producción debido a falta de material, esto hace hincapié al mejoramiento de controlar los requerimientos, inventarios, etc.

Anteriormente no existen puntos de reorden o solicitudes establecidas ni programadas, esto genera los problemas actualmente dejando por debajo los cumplimientos de los clientes.

Es importante mencionar algunos parámetros de este proyecto como son: los requerimientos reflejados en Marzo de 2015, con un histórico de 1 año, estos es denomina como demanda congelada (sin incrementos), sin embargo en algunos de los casos las cambios son necesarias a considerar, lo cual se ve reflejada en los pedidos, lo cual dar un margen para poder planear las variaciones.

Después de ver los comportamientos ideales para los componentes, tomando en cuenta las variaciones de las demandas se ven las ocasiones en donde se generan desabastos en los materiales impidiendo producir y entregar a tiempo a los clientes. Ésta ausencia genera un “costo por desabastecimiento”, tomando las bases de los modelos se contempla el desabasto de materiales, generado por incrementos en la demanda en la cual genera que los componentes no estén a tiempo en la línea de producción.

Existen casos donde el inventario tiene ciertas cantidades y se genera el desabastecimiento debido a incrementos de demandas, sin embargo en la realidad las faltas de existencia son generadas por errores humanos, dobles entradas de materiales al sistema (ésto generado por no realizar los procedimientos), materiales no encontrados debido a grandes cantidades de material (otros componentes), ésto generado por una ceguera de taller en la cual no se encuentran los materiales a pesar de estar básicamente en sus manos. Otra de las practicas que se dan en la realidad es el robo hormiga de material, en especial los metales, debido a su alto precio en el mercado.

# CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Dentro de éste capítulo se toman en cuenta varios temas importantes como son los objetivos particulares y el general, al mismo tiempo mencionaremos los alcances que se consideraron para este proyecto, analizando si se cumplió la parte de autoevaluación de este trabajo de investigación, para ello tomaremos uno de los objetivos particulares importantes (Mejoramiento del cumplimiento a los clientes), enfocándose en los clientes más importantes a los que podemos conocer.

Primero se mencionan los resultados de Chrysler Servicio / MOPAR, mostrado en la siguiente imagen en la evaluación las entregas de los requerimientos generados por Chrysler, tomando en cuenta que ellos separan la evacuación de las entregas de equipo Original o Producción y Servicio (MOPAR), el primer dato de la implementación se consideró a partir de Octubre de 2014, esto derivado a la información histórica generada en el sistema de Chrysler.

Es necesario conocer el impacto al cliente utilizando la metodología anteriormente mencionada, como se muestra a continuación:

| October 2014 GRADE                                   |         |                           |                                    |                               |          |  |         |                    |                                    |                    |          |
|--|---------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------|--|---------|--------------------|------------------------------------|--------------------|----------|
| Release Location: 66193                              |         |                           |                                    | Manufacturing Location: 66193 |          |  |         | Final Destinations |                                    |                    |          |
| 2014 MMOG/LE Submitted: Y                            |         | 2014 MMOG/LE Submitted: Y |                                    | Total%: 100                   |          | Total Score: 348                                     |         | Classification: A  |                                    | Current Penalty: 0 |          |
| <b>Production</b>                                    |         |                           |                                    |                               |          | <b>MOPAR</b>   |         |                    |                                    |                    |          |
| October 2014 6-Month Weighted Average: <b>82.54%</b> |         |                           |                                    |                               |          | October 2014 6-Month Weighted Average: <b>45.05%</b> |         |                    |                                    |                    |          |
| Delivery Conformance                                 |         |                           | Response Conformance               |                               |          | Delivery Conformance                                 |         |                    | Response Conformance               |                    |          |
| Shipment Count                                       |         |                           | 171 BSN Ticket Count               |                               |          | Shipment Count                                       |         |                    | 36 BSN Ticket Count                |                    |          |
| Window Count <sup>1</sup>                            |         |                           | 54 CRT Ticket Count                |                               |          | Release Count <sup>1</sup>                           |         |                    | 30 CRT Ticket Count                |                    |          |
| Summary Counts and Vs/100                            |         |                           |                                    |                               |          | Summary Counts and Vs/100                            |         |                    |                                    |                    |          |
| Viol Type  | Count   | V/100                     | Viol Type                          | Count                         | V/100    | Viol Type  | Count   | V/100              | Viol Type                          | Count              | V/100    |
| ASN  | 0       | 0.00                      | ST                                 | 2                             | 3.08     | ASN  | 10      | 27.78              | ST                                 | N/A                | N/A      |
| RDR/RE   | 0       | 0.00                      | SQ                                 | 0                             | 0.00     | RDR/RE   | 0       | 0.00               | SQ                                 | N/A                | N/A      |
| OS   | 0       | 0.00                      |                                    |                               |          | OS   | 0       | 0.00               |                                    |                    |          |
| US <sup>1</sup>                                      | 0       | 0.00                      |                                    |                               |          | US <sup>1</sup>                                      | 13      | 43.33              |                                    |                    |          |
| Total  | 0       | 0.00                      | Total                              | 2                             | 3.08     | Total  | 23      | 71.11              | Total                              | N/A                | N/A      |
| Conversion of Points to Percentages                  |         |                           |                                    |                               |          | Conversion of Points to Percentages                  |         |                    |                                    |                    |          |
| Points   | Actual  | Possible                  | Points                             | Actual                        | Possible | Points   | Actual  | Possible           | Points                             | Actual             | Possible |
| Delivery <sup>5</sup>                                | 65.00   | 65.00                     | SMART <sup>2</sup>                 | 11.32                         | 20.00    | Delivery <sup>5</sup>                                | 4.97    | 65.00              | SMART <sup>2</sup>                 | N/A                | N/A      |
| Bonus/Deduction                                      | 0.00    | N/A                       | Capacity Mgmt <sup>3</sup>         | 13.50                         | 15.00    | Bonus/Deduction                                      | 0.00    | N/A                |                                    |                    |          |
| Total Delivery                                       | 65.00   | 65.00                     | Total Response                     | 24.82                         | 35.00    | Total Delivery                                       | 4.97    | 65.00              | Total Response                     | N/A                | N/A      |
| Monthly Delivery Conformance Grade                   | 100.00% |                           | Monthly Response Conformance Grade | 70.91%                        |          | Monthly Delivery Conformance Grade                   | 7.64%   |                    | Monthly Response Conformance Grade | N/A                |          |
| Monthly Overall Grade                                |         |                           |                                    |                               |          | Monthly Overall Grade                                |         |                    |                                    |                    |          |
| Weight of Overall Rating                             | 65.00%  |                           |                                    | 35.00%                        |          | Weight of Overall Rating                             | 100.00% |                    |                                    | N/A                |          |
| Monthly Overall Conformance Grade                    |         |                           |                                    | 89.82%                        |          | Monthly Overall Conformance Grade                    |         |                    |                                    | 7.64%              |          |
| Adjustments  |         |                           |                                    |                               |          | Adjustments  |         |                    |                                    |                    |          |
| Current Mth CLS/CLD                                  | 0       |                           | Total 6 Mth CLS/CLD                | 0                             |          | Current Mth VOR                                      | 0       |                    | Total 6 Mth VOR                    | 0                  |          |
| Current Mth Pending CLS/CLD                          | 0       |                           | Total 6 Mth Pending CLS/CLD        | 0                             |          | Current Mth Pending VOR                              | 0       |                    | Total 6 Mth Pending VOR            | 0                  |          |
| MMOG Penalty   |         |                           |                                    | 0                             |          | MMOG penalty   |         |                    |                                    | 0                  |          |
| Total 6 Month Adjustment                             |         |                           |                                    | 0.00%                         |          | Total 6 Month Adjustment                             |         |                    |                                    | 0.00%              |          |
| Final Grade  |         |                           |                                    |                               |          | Final Grade  |         |                    |                                    |                    |          |
| Production Monthly Final Grade                       |         |                           |                                    | 89.82%                        |          | MOPAR Monthly Final Grade                            |         |                    |                                    | 7.64%              |          |

<sup>1</sup> Window/Release Count. Window Count is only used for Production Undership V/100. Release Count is only used for MOPAR Undership V/100.  
<sup>2</sup> SMART Points: MOPAR = 35 Pts., Production = 20 Pts.  
<sup>3</sup> Capacity Management Points: 15 Pts.  
<sup>5</sup> Delivery Points: 65 Pts.

Imagen 11. Tabla de porcentaje (evaluación del cliente con respecto a cumplimientos), tomada en Octubre de 2014 (histórico del sistema e-supplierconnect).

En la imagen anterior se observa el porcentaje que se tiene entregado a la fecha de Octubre de 2014, lo cual se puede inferir en la mala reputación con el cliente para esa fecha.

| March 2015 GRADE                                   |                      |              |                                    |                               |                            |  |             |                    |                                    |                    |          |
|--|----------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--|-------------|--------------------|------------------------------------|--------------------|----------|
| Release Location: 66193                            |                      |              |                                    | Manufacturing Location: 66193 |                            |  |             | Final Destinations |                                    |                    |          |
| 2014   | MMOG/LE              | Submitted: Y |                                    | 2015                          | MMOG/LE                    | Submitted: Y                                       | Total%: 100 | Total Score: 348   | Classification: A                  | Current Penalty: 0 |          |
| <b>Production</b>                                  |                      |              |                                    |                               |                            | <b>MOPAR</b>                                       |             |                    |                                    |                    |          |
| <b>March 2015 6-Month Weighted Average: 74.02%</b> |                      |              |                                    |                               |                            | <b>March 2015 6-Month Weighted Average: 56.90%</b> |             |                    |                                    |                    |          |
| Delivery Conformance                               |                      |              | Response Conformance               |                               |                            | Delivery Conformance                               |             |                    | Response Conformance               |                    |          |
| Shipment Count                                     | 176 BSN Ticket Count |              | 22                                 |                               | Shipment Count             | 28 BSN Ticket Count                                |             | 1                  |                                    |                    |          |
| Window Count <sup>1</sup>                          | 129 CRT Ticket Count |              | 12                                 |                               | Release Count <sup>1</sup> | 22 CRT Ticket Count                                |             | 3                  |                                    |                    |          |
| Summary Counts and Vs/100                          |                      |              |                                    |                               |                            | Summary Counts and Vs/100                          |             |                    |                                    |                    |          |
| Viol Type  | Count                | V/100        | Viol Type                          | Count                         | V/100                      | Viol Type  | Count       | V/100              | Viol Type                          | Count              | V/100    |
| ASN  | 4                    | 2.27         | ST                                 | 7                             | 20.59                      | ASN  | 0           | 0.00               | ST                                 | 0                  | 0.00     |
| RDR/RE   | 0                    | 0.00         | SQ                                 | 0                             | 0.00                       | RDR/RE   | 0           | 0.00               | SQ                                 | 2                  | 66.67    |
| OS   | 0                    | 0.00         |                                    |                               |                            | OS   | 0           | 0.00               |                                    |                    |          |
| US <sup>1</sup>                                    | 0                    | 0.00         |                                    |                               |                            | US <sup>1</sup>                                    | 0           | 0.00               |                                    |                    |          |
| Total  | 4                    | 2.27         | Total                              | 7                             | 20.59                      | Total  | 0           | 0.00               | Total                              | 2                  | 66.67    |
| Conversion of Points to Percentages                |                      |              |                                    |                               |                            | Conversion of Points to Percentages                |             |                    |                                    |                    |          |
| Points   | Actual               | Possible     | Points                             | Actual                        | Possible                   | Points   | Actual      | Possible           | Points                             | Actual             | Possible |
| Delivery <sup>5</sup>                              | 37.91                | 65.00        | SMART <sup>2</sup>                 | 3.97                          | 20.00                      | Delivery <sup>5</sup>                              | 65.00       | 65.00              | SMART <sup>2</sup>                 | 4.67               | 35.00    |
| Bonus/Deduction                                    | 0.00                 | N/A          | Capacity Mgmt <sup>3</sup>         | 15.00                         | 15.00                      | Bonus/Deduction                                    | 0.00        | N/A                |                                    |                    |          |
| Total Delivery                                     | 37.91                | 65.00        | Total Response                     | 18.97                         | 35.00                      | Total Delivery                                     | 65.00       | 65.00              | Total Response                     | 4.67               | 35.00    |
| Monthly Delivery Conformance Grade                 | 58.33%               |              | Monthly Response Conformance Grade | 54.20%                        |                            | Monthly Delivery Conformance Grade                 | 100.00%     |                    | Monthly Response Conformance Grade | 13.33%             |          |
| Monthly Overall Grade                              |                      |              |                                    |                               |                            | Monthly Overall Grade                              |             |                    |                                    |                    |          |
| Weight of Overall Rating                           | 65.00%               |              |                                    | 35.00%                        |                            | Weight of Overall Rating                           | 65.00%      |                    |                                    | 35.00%             |          |
| Monthly Overall Conformance Grade                  | 56.89%               |              |                                    | 56.89%                        |                            | Monthly Overall Conformance Grade                  | 69.67%      |                    |                                    | 69.67%             |          |
| Adjustments  |                      |              |                                    |                               |                            | Adjustments  |             |                    |                                    |                    |          |
| Current Mth CLS/CLD                                | 0                    |              | Total 6 Mth CLS/CLD                | 0                             |                            | Current Mth VOR                                    | 0           |                    | Total 6 Mth VOR                    | 0                  |          |
| Current Mth Pending CLS/CLD                        | 0                    |              | Total 6 Mth Pending CLS/CLD        | 0                             |                            | Current Mth Pending VOR                            | 0           |                    | Total 6 Mth Pending VOR            | 0                  |          |
| MMOG Penalty                                       | 0                    |              |                                    | 0                             |                            | MMOG penalty                                       | 0           |                    |                                    | 0                  |          |
| Total 6 Month Adjustment                           | 0.00%                |              |                                    | 0.00%                         |                            | Total 6 Month Adjustment                           | 0.00%       |                    |                                    | 0.00%              |          |
| Final Grade  |                      |              |                                    |                               |                            | Final Grade  |             |                    |                                    |                    |          |
| Production Monthly Final Grade                     | 56.89%               |              |                                    | 56.89%                        |                            | MOPAR Monthly Final Grade                          | 69.67%      |                    |                                    | 69.67%             |          |

<sup>1</sup>Window/Release Count: Window Count is only used for Production Undership V/100. Release Count is only used for MOPAR Undership V/100.  
<sup>2</sup>SMART Points: MOPAR = 35 Pts., Production = 20 Pts.  
<sup>3</sup>Capacity Management Points: 15 Pts.  
<sup>5</sup>Delivery Points: 69 Pts.

Imagen 12. Tabla de porcentaje (evaluación del cliente con respecto a cumplimientos), tomada en Marzo de 2015 (histórico del sistema e-supplierconnect).

En la imagen anterior existe un mejor porcentaje de entrega y cumplimiento, por lo que aumentamos un 11.85% en el Score (evaluación), lo cual confirma que el sistema tiene una mejora en 5 meses, tomando en cuenta que la implementación arranco desde Marzo de 2014.

El porcentaje aumentado con el cliente confirma el una parcialidad de la mejora en el funcionamiento de la metodología utilizada en este proyecto, a pesar de estar en sus primeras etapas de implementación y el poco tiempo de desarrollo se observa un amplio crecimiento dentro de la industria considerando que fue diseñada a este modelo que corresponde a la empresa.

Podemos considerar que se tiene una mejora muy importante sin embargo para el ritmo de la industria actualmente es muy lenta la evolución para mejorar las entregas.

Tomando en cuenta la mejora en el Score de Chrysler en 5 meses se puede estimar el plazo de 15 meses (1 año y 3 meses) para alcanzar el 100%, considerando que los factores se mantengan como se han presentado durante su implementación de ambos modelos.

Otra de las observaciones sobre este cliente es el potencial de mejorar los modelos es haciéndolos más esbeltos (lean), realizando requerimientos de lotes más pequeños y realizando constantes las entregas, lo que permitirá disminuir la cantidad en los inventarios al igual que disminuir el costo de almacenamiento, lo que permitirá tener una mejor ganancia en comparación de los gastos generados.

Otro de los clientes que podemos evaluar es GM USA Service, en el cual tomamos el mismo periodo de monitoreo como lo fue Chrysler, para tener un mejor desempeño.

| Month      | DUNS       | Pcs Shipped - Unadjusted | Pcs Due - Unadjusted | Shipping Performance - Unadjusted | Pieces Shipped - Adjusted | Pieces Due - Adjusted | Shipping Performance - Adjusted | Memo: Bonus Pieces Shipped Adjusted |
|------------|------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 09/01/2015 | 0814812541 | 38                       | 4,416                | 1 %                               | 3,888                     | 3,888                 | 100 %                           | 0                                   |
| 08/01/2015 | 0814812541 | 247                      | 2,780                | 9 %                               | 1,894                     | 1,894                 | 100 %                           | 0                                   |
| 07/01/2015 | 0814812541 | 764                      | 7,656                | 10 %                              | 6,697                     | 7,270                 | 92 %                            | 0                                   |
| 06/01/2015 | 0814812541 | 820                      | 2,320                | 35 %                              | 1,820                     | 2,320                 | 78 %                            | 0                                   |
| 05/01/2015 | 0814812541 | 352                      | 356                  | 99 %                              | 352                       | 356                   | 99 %                            | 0                                   |
| 04/01/2015 | 0814812541 | 200                      | 200                  | 100 %                             | 200                       | 200                   | 100 %                           | 0                                   |
| 03/01/2015 | 0814812541 | 336                      | 348                  | 97 %                              | 336                       | 348                   | 97 %                            | 0                                   |
| 02/01/2015 | 0814812541 | 261                      | 261                  | 100 %                             | 261                       | 261                   | 100 %                           | 0                                   |
| 01/01/2015 | 0814812541 | 261                      | 363                  | 72 %                              | 261                       | 355                   | 74 %                            | 0                                   |
| 12/01/2014 | 0814812541 | 164                      | 164                  | 100 %                             | 164                       | 164                   | 100 %                           | 0                                   |
| 11/01/2014 | 0814812541 | 231                      | 231                  | 100 %                             | 231                       | 231                   | 100 %                           | 0                                   |
| 10/01/2014 | 0814812541 | 359                      | 557                  | 64 %                              | 359                       | 557                   | 64 %                            | 0                                   |
| 09/01/2014 | 0814812541 | 247                      | 297                  | 83 %                              | 247                       | 297                   | 83 %                            | 0                                   |
| 08/01/2014 | 0814812541 | 492                      | 1,042                | 47 %                              | 492                       | 1,042                 | 47 %                            | 0                                   |
| 07/01/2014 | 0814812541 | 329                      | 329                  | 100 %                             | 329                       | 329                   | 100 %                           | 0                                   |
| 06/01/2014 | 0814812541 | 282                      | 282                  | 100 %                             | 282                       | 282                   | 100 %                           | 0                                   |
| 05/01/2014 | 0814812541 | 487                      | 487                  | 100 %                             | 487                       | 487                   | 100 %                           | 0                                   |
| 04/01/2014 | 0814812541 | 201                      | 201                  | 100 %                             | 201                       | 201                   | 100 %                           | 0                                   |
| 03/01/2014 | 0814812541 | 183                      | 191                  | 96 %                              | 191                       | 191                   | 100 %                           | 0                                   |
| 02/01/2014 | 0814812541 | 272                      | 272                  | 100 %                             | 272                       | 272                   | 100 %                           | 0                                   |

Imagen 13. Pantalla de evaluación contra entregas de GM USA SERVICE, datos proporcionados de portal de GM, Octubre 2015.

En la imagen superior se ve en el recuadro rojo el comportamiento de los meses evaluados implementando ambos modelos a los productos de GM, por lo que las variaciones en su implementación.

Dentro de las observaciones se ve la disminución del Score de GM en los meses posteriores sin embargo el problema ya no radicó en temas de componentes sino en problemas de calidad, incluso problemas de la producción en serie que afectan en los productos de servicio.

Adicional a la implementación de los modelos se considera los posibles alcances implementarlos a los proveedores que están en conflictos comerciales, los cuales se mencionaron dentro del proyecto pero sin ser considerados parte del proyecto porque no hay inferencia actual de estos debido a que le corresponde al equipo de ventas la evaluación de costos y beneficios en las partes de servicio, considerando el tiempo obligatorio con los clientes.

Estos temas principalmente corresponden a las negociaciones en las cláusulas de contrato inicial con los clientes, tomando en cuenta el precio del inicio del proyecto, amortización de los costos a lo largo de 10 años, usualmente tiempo obligatorio para partes de servicio (refacciones). Hay que mencionar que en algunos casos como son modelos para Viper – Chrysler corresponde 15 años de servicio y otro a mayor tiempo como Freightliner, los cuales son 25 años de servicio obligatorio.

Dentro del desarrollo de este proyecto se reflejó la posibilidad de implementación en los proveedores que corresponden al 44% que cuentan con un buen nivel de entrega o que actualmente no tienen ningún problema sin embargo eso no quiere decir que no presenten algún problema posteriormente por diferentes circunstancias. Por lo cual se puede considerar como implementación posterior al 33% que actualmente afecta a las entregas a cliente. Esto mejora el desempeño y control de inventarios que actualmente se manejan en la empresa.

Este modelo es una propuesta de mejora, sin embargo aún tiene potenciales modificaciones posteriores a la implementación, puesto que se pueden reducir los lotes económicos de pedido para disminuir el espacio y la cantidad de almacenamiento para la producción necesaria a entrega de clientes. Esto va a depender de la disciplina de los proveedores y su compromiso con el cumplimiento en los tiempos de entrega para hacer un proceso más fluido.

Posterior a esta mejora con proveedores se puede implementar una reducción de las cantidades mínimas de pedido y generar una mayor rotación de inventarios, permitiendo solo así la reducción de inventarios en planta, cumpliendo con los tiempos y cantidades de proveedores.

Este proyecto representa una mejora en el 80% de los proveedores relacionados a las partes de servicio, de las cuales ciertos problemas generados por un descontrol y el desconocimiento de cuándo y cuánto pedir a los proveedores considerando los factores estandarizados.

Otro de los objetivos que se tiene para este proyecto es el control de los tiempos de entregas y cantidades mínimas de compra (lotes mínimos), para ello se desarrolló la base de datos con los tiempos de entrega de cada proveedor con conflictos de entregas la cual se presenta a continuación, cabe mencionar que no todos los componentes se contemplaron en la impresión de pantalla, pues solo es un ejemplo del trabajo realizado:

| Tiempo de entrega (días) |                           |                            |               |             |                |                       |                          |
|--------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------|-------------|----------------|-----------------------|--------------------------|
|                          | B                         | C                          | D             | E           | F              | G                     | P                        |
| 1                        |                           |                            |               |             | Di             | yi                    |                          |
| 2                        | # de Parte del componente | Descripción del componente | Demanda anual | Proveedores | Demanda diaria | Lote mínimo de pedido | Tiempo de entrega (días) |
| 3                        | 112340Riv                 | RIVET T_WR                 | 19,740        | B&M         | 76             | 300.00                | 21                       |
| 4                        | 113545Pca                 | PCA MON_IZQ                | 2,835         | BENT_P      | 11             | 318.00                | 2                        |
| 5                        | 116707Cur                 | Cursor_LH07                | 16,320        | DIS&SERV    | 63             | 100.00                | 10                       |
| 6                        | 116722Cur                 | Cursor_LH07                | 16,320        | DIS&SERV    | 63             | 100.00                | 10                       |
| 7                        | 116945Rai                 | RAIL ASSY_116              | 16,320        | CDQ         | 63             | 200.00                | 21                       |
| 8                        | 116947Rai                 | RIE LENS_116               | 16,320        | CDQ         | 63             | 200.00                | 21                       |
| 9                        | 116948Rai                 | RAIL ASSY_116              | 3,420         | CDQ         | 13             | 183.00                | 21                       |
| 10                       | 116949Sop                 | SOP_MOTOR                  | 16,320        | CDQ         | 63             | 183.00                | 21                       |
| 11                       | 116952She                 | SHEET M_SUP_RH             | 1,526         | CDQ         | 6              | 100.00                | 21                       |
| 12                       | 117092Gla                 | GLASS SUP_ASSY_RH          | 1,526         | CDQ         | 6              | 150.00                | 21                       |
| 13                       | 117342Low                 | LOWER CAB_ASSY             | 19,740        | WIND_L&C    | 76             | 150.00                | 10                       |
| 14                       | 117346Upp                 | UPPER C_ASSY_F             | 19,740        | WIND_L&C    | 76             | 250.00                | 10                       |
| 15                       | 117554rub                 | RUBBER TON_CON             | 19,740        | POLI_ATI    | 76             | 500.00                | 10                       |
| 16                       | 118387sto                 | STOP CUR_UP                | 39,480        | MUHL        | 152            | 250.00                | 7                        |
| 17                       | 119252tee                 | TEE/T-stueck RH            | 19,740        | DIS&SERV    | 76             | 200.00                | 10                       |
| 18                       | 119253tee                 | TEE-T-stueck LH            | 19,740        | DIS&SERV    | 76             | 200.00                | 10                       |
| 19                       | 1915454rue                | RUEDA_19                   | 12,160        | ERCHE       | 47             | 500.00                | 10                       |

Imagen 14. Pantalla parcial del Archivo Excel utilizado para el proyecto (tiempos de entrega y lotes mínimos como datos relevantes).

Estos datos fueron proporcionados por el sistema PLEX, sin embargo debido a los problemas presentados con los proveedores se revisó con cada uno de ellos el tiempo de entrega correcta, siendo confirmada la información del sistema, lo cual

indica que uno de los problemas era la falta de seguimiento y esquematización para solicitar material para construir las piezas de servicio.

Cabe mencionar que gracias a esta información se permitió calcular los requerimientos, recalculando cuando y cuántas piezas se necesitan para construir los diferentes productos solicitados para varios clientes. Lo cual se considera como una de las mejoras que se esperaban y se cumplieron dentro del proyecto, considerándolo así como una metodología ajustada para el caso en particular de la empresa evaluada.

El último de los objetivos particulares por mencionar es el control en los inventarios, tomando en cuenta la importancia, puesto que hoy en día los inventarios eficientes se evalúan por las vueltas de inventarios y no por la cantidad almacenada durante un cierto tiempo.

Para este proyecto se consideran los EOQ's como parte fundamental de los materiales a almacenar, pues el propósito de controlar los requerimientos de los componentes es mantener el material en los almacenes lo menos posible, realizar los ensambles correspondientes y vender los productos.

Utilizando las herramientas digitales se pudieron calcular los consumos y la fecha de llegada del material permitiendo tener un determinado comportamiento para saber cuándo realizar el requerimiento y cuando debe de llegar a planta para su producción, incluso a través de tablas se puede ver el comportamiento decreciente (por consumo) como se muestra a continuación:

| # de Parte del componente | K     | L     | M     | N     | O     | P     | Q     | R     | S     | T     | U     | V     | W     | X     | Y     | Z     | AA    | AB    | AC    | AD    | AE    | AF    | AG    | AH    | AI    | AJ    | AK    | AL    |       |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 11 116945Rai              | 1,940 | 1,877 | 1,815 | 1,752 | 1,689 | 1,626 | 1,564 | 1,501 | 1,438 | 1,375 | 1,313 | 1,250 | 1,187 | 1,124 | 1,061 | 999   | 936   | 873   | 810   | 748   | 685   | 622   | 559   | 497   | 434   | 371   | 308   | 245   |       |
| 12 Reorden 116945Rai      | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 |
| 17 116949Sop              | 1,727 | 1,664 | 1,602 | 1,539 | 1,476 | 1,413 | 1,351 | 1,288 | 1,225 | 1,162 | 1,100 | 1,037 | 974   | 911   | 848   | 786   | 723   | 660   | 597   | 535   | 472   | 409   | 346   | 284   | 221   | 158   | 95    | 3,531 |       |
| 18 Reorden 116949Sop      | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 | 1,318 |       |
| 25 117346Upp              | 3,124 | 3,048 | 2,972 | 2,896 | 2,820 | 2,744 | 2,669 | 2,593 | 2,517 | 2,441 | 2,365 | 2,289 | 2,213 | 2,137 | 2,061 | 1,985 | 1,909 | 1,833 | 1,757 | 1,682 | 1,606 | 1,530 | 1,454 | 1,378 | 1,302 | 1,226 | 1,150 | 1,074 |       |
| 26 Reorden 117346Upp      | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   | 759   |       |
| 29 118387sto              | 6,124 | 5,972 | 5,820 | 5,669 | 5,517 | 5,365 | 5,213 | 5,061 | 4,909 | 4,758 | 4,606 | 4,454 | 4,302 | 4,150 | 3,998 | 3,846 | 3,695 | 3,543 | 3,391 | 3,239 | 3,087 | 2,935 | 2,784 | 2,632 | 2,480 | 2,328 | 2,176 | 2,024 |       |
| 30 Reorden 118387sto      | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 | 1,063 |       |
| 45 C50549bra              | 863   | 839   | 816   | 792   | 769   | 746   | 722   | 699   | 676   | 652   | 629   | 605   | 582   | 559   | 535   | 512   | 488   | 465   | 442   | 418   | 395   | 372   | 348   | 325   | 301   | 278   | 255   | 231   |       |
| 46 Reorden C50549bra      | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   | 234   |       |

Imagen 15. Pantalla de la tabla de consumos y lanzamiento de requerimientos debido a su consumo por componente. Elaboración propia.

En la tabla podemos considerar el consumo de los componentes e indicar cuando se necesitan piezas considerando la llegada del material cuando el inventario llegue cercano a cero piezas en el almacén.

Basándonos en la metodología implementada a considerar, se tiene el control de los inventarios de componentes, por lo que podemos determinar que se logró el objetivo particular.

Retomando la información de todo el proyecto se cumplió el propósito de esta investigación, pues el objetivo principal era desarrollar una metodología la cual pudiera aplicarse a la situación actual de la empresa, pues al inicio del proyecto se tenía la meta sin embargo las herramientas a seguir y las mejores opciones no se contemplaban debido a variados factores dentro de la misma empresa.

De forma general podemos ver que el proyecto funciona con los objetivos establecidos inicialmente, por lo cual podemos considerar funcional el proyecto, sin embargo existen potenciales mejoras para este proyecto, como es la mejora los requerimientos o lotes mínimos de pedido, los tiempos de entrega pueden ser mejorados por parte del proveedor siempre y cuando se le presenten dos alternativas, un plan proyectado de requerimientos (los cuales actualmente se envían a los proveedores con el nombre oficial de "Releases"), y una mejora presentada en los instrumentales de las máquinas propiedad de la Automotiva (las cuales ya serían revisados en otro tipo de investigación relacionados a manufactura).

Sin embargo el almacenamiento de los componentes es necesario, pues los productos como refacciones no siempre tienen el mismo comportamiento en la demanda o las situaciones con los proveedores siempre son estables, se han presentado situaciones muy rápidas donde los proveedores deciden realizar un cambio de precio y no entregar hasta ser aceptados, otras piezas han presentado el problema de que los proveedores quiebran pero nunca notifican a la empresa, destruyen las máquinas y las piezas de su stock, por lo cual tiempo después (años) se busca ese proveedor o similares pero no cuentan ni con la maquinaria ni con los materiales, generando así un tiempo demasiado largo para las entregas del cliente,

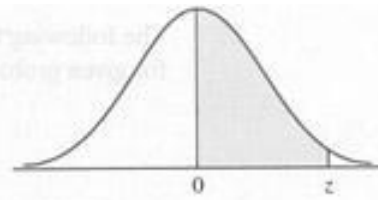
siendo los detalles de algunas entregas fallidas con los clientes, sin embargo esos otros temas adicionales que se abordaran en otra investigación.

# Anexo:

## Apéndice D

The following table gives the areas under the standard normal curve from 0 to  $z$ .

homepages.mty.itesm.mx



| $z$ | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.0 | .0000 | .0040 | .0080 | .0120 | .0160 | .0199 | .0239 | .0279 | .0319 | .0359 |
| 0.1 | .0398 | .0438 | .0478 | .0517 | .0557 | .0596 | .0636 | .0675 | .0714 | .0754 |
| 0.2 | .0793 | .0832 | .0871 | .0910 | .0948 | .0987 | .1026 | .1064 | .1103 | .1141 |
| 0.3 | .1179 | .1217 | .1255 | .1293 | .1331 | .1368 | .1406 | .1443 | .1480 | .1517 |
| 0.4 | .1554 | .1591 | .1628 | .1664 | .1700 | .1736 | .1772 | .1808 | .1844 | .1879 |
| 0.5 | .1915 | .1950 | .1985 | .2019 | .2054 | .2088 | .2123 | .2157 | .2190 | .2224 |
| 0.6 | .2258 | .2291 | .2324 | .2357 | .2389 | .2422 | .2454 | .2486 | .2518 | .2549 |
| 0.7 | .2580 | .2612 | .2642 | .2673 | .2704 | .2734 | .2764 | .2794 | .2823 | .2852 |
| 0.8 | .2881 | .2910 | .2939 | .2967 | .2996 | .3023 | .3051 | .3078 | .3106 | .3133 |
| 0.9 | .3159 | .3186 | .3212 | .3238 | .3264 | .3289 | .3315 | .3340 | .3365 | .3389 |
| 1.0 | .3413 | .3438 | .3461 | .3485 | .3508 | .3531 | .3554 | .3577 | .3599 | .3621 |
| 1.1 | .3643 | .3665 | .3686 | .3708 | .3729 | .3749 | .3770 | .3790 | .3810 | .3830 |
| 1.2 | .3849 | .3869 | .3888 | .3907 | .3925 | .3944 | .3962 | .3980 | .3997 | .4015 |
| 1.3 | .4032 | .4049 | .4066 | .4082 | .4099 | .4115 | .4131 | .4147 | .4162 | .4177 |
| 1.4 | .4192 | .4207 | .4222 | .4236 | .4251 | .4265 | .4279 | .4292 | .4306 | .4319 |
| 1.5 | .4332 | .4345 | .4357 | .4370 | .4382 | .4394 | .4406 | .4418 | .4429 | .4441 |
| 1.6 | .4452 | .4463 | .4474 | .4484 | .4495 | .4505 | .4515 | .4525 | .4535 | .4545 |
| 1.7 | .4554 | .4564 | .4573 | .4582 | .4591 | .4599 | .4608 | .4616 | .4625 | .4633 |
| 1.8 | .4641 | .4649 | .4656 | .4664 | .4671 | .4678 | .4686 | .4693 | .4699 | .4706 |
| 1.9 | .4713 | .4719 | .4726 | .4732 | .4738 | .4744 | .4750 | .4756 | .4761 | .4767 |
| 2.0 | .4772 | .4778 | .4783 | .4788 | .4793 | .4798 | .4803 | .4808 | .4812 | .4817 |
| 2.1 | .4821 | .4826 | .4830 | .4834 | .4838 | .4842 | .4846 | .4850 | .4854 | .4857 |
| 2.2 | .4861 | .4864 | .4868 | .4871 | .4875 | .4878 | .4881 | .4884 | .4887 | .4890 |
| 2.3 | .4893 | .4896 | .4898 | .4901 | .4904 | .4906 | .4909 | .4911 | .4913 | .4916 |
| 2.4 | .4918 | .4920 | .4922 | .4925 | .4927 | .4929 | .4931 | .4932 | .4934 | .4936 |
| 2.5 | .4938 | .4940 | .4941 | .4943 | .4945 | .4946 | .4948 | .4949 | .4951 | .4952 |
| 2.6 | .4953 | .4955 | .4956 | .4957 | .4959 | .4960 | .4961 | .4962 | .4963 | .4964 |
| 2.7 | .4965 | .4966 | .4967 | .4968 | .4969 | .4970 | .4971 | .4972 | .4973 | .4974 |
| 2.8 | .4974 | .4975 | .4976 | .4977 | .4977 | .4978 | .4979 | .4979 | .4980 | .4981 |
| 2.9 | .4981 | .4982 | .4982 | .4983 | .4984 | .4984 | .4985 | .4985 | .4986 | .4986 |
| 3.0 | .4987 | .4987 | .4987 | .4988 | .4988 | .4989 | .4989 | .4989 | .4990 | .4990 |
| 3.1 | .4990 | .4991 | .4991 | .4991 | .4992 | .4992 | .4992 | .4992 | .4993 | .4993 |
| 3.2 | .4993 | .4993 | .4994 | .4994 | .4994 | .4994 | .4994 | .4995 | .4995 | .4995 |
| 3.3 | .4995 | .4995 | .4995 | .4996 | .4996 | .4996 | .4996 | .4996 | .4996 | .4997 |
| 3.4 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4997 | .4998 |
| 3.5 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 | .4998 |
| 3.6 | .4998 | .4998 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 |
| 3.7 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 |
| 3.8 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 | .4999 |
| 3.9 | .5000 | .5000 | .5000 | .5000 | .5000 | .5000 | .5000 | .5000 | .5000 | .5000 |

## Referencias:

Inteva Products. (2006). History Inteva Products. 2006, de Inteva Products Sitio web: <http://www.intevaproducts.com/about-inteva/history>

IntevaProducts1. (Febrero 2016). Inteva Products - Wikipedia. Febrero 2016, de Wikipedia Sitio web: [https://en.wikipedia.org/wiki/Inteva\\_Products](https://en.wikipedia.org/wiki/Inteva_Products)

Lyonnet, P. (1989). Los métodos de la calidad total. México, D.F.: Ediciones Díaz de Santos.

Hillier, F.& Lieberman, G.. (2010). Introducción a la Investigación de Operaciones. México, D.F.: Mc Graw Hill.

Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. México, D.F.: Pearson Educación.

Chase, R. & Jacobs F. & Aquilano N. (2005). Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva. México, D.F.: Mac Graw Hill.

Adam, E. & Elbert, R. (1998) Administración de la producción y las operaciones. México, D.F.: Pearson Educación.

Riggs, J. (2003) Sistemas de producción. Planeación, análisis y control. México, D.F.: Limusa Wiley.

Chang, R. (1999) Las herramientas para la mejora continua de la calidad. Argentina, Buenos Aires.: Ediciones Granica S. A.

Mercado, E. (1991) Calidad Integral Empresarial e Institucional. México, D.F.: Limusa.

Fogarty, D. (2004) Administración de la producción e inventarios. México, D.F.: CECSA.

Narasimhan, S. (1996) Planeación de la producción y control de inventarios. México, Edo. De Méx: Pearson Educación.

Vollmann, T. (2005) Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros. México, D.F.: Mc Graw Hill