

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**



**SISTEMA LOGÍSTICO DE ABASTECIMIENTO DE PIEZAS
MAQUILADAS PARA UNA EMPRESA
AUTOMOTRIZ**

POR

DEBRA LUISA BARRERA MARTÍNEZ

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRÍA EN
LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO CON
ORIENTACIÓN EN DIRECCIÓN Y OPERACIONES**

DICIEMBRE, 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**SISTEMA LOGÍSTICO DE ABASTECIMIENTO DE PIEZAS
MAQUILADAS PARA UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ**

POR

DEBRA LUISA BARRERA MARTÍNEZ

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRÍA EN
LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO CON
ORIENTACIÓN EN DIRECCIÓN Y OPERACIONES**

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN, MÉXICO

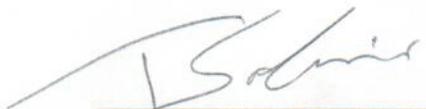
DICIEMBRE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

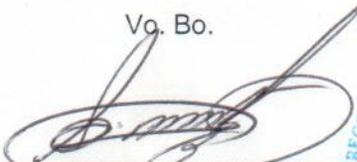
Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis Propuesta: «Sistema logístico de abastecimiento de piezas maquiladas para una empresa automotriz» por la alumna Ing. Debra Luisa Barrera Martínez, con número de matrícula 1421099, sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro con orientación en Dirección y Operaciones.

El Comité de Tesis


Dr. Giovanni Lizárraga Lizárraga.
Asesor


Dr. Tomás Eloy Salais Fierro
Revisor


M.I.I.S. Gabriel Iván Cerda Rivera
Revisor

Vg. Bo.

Dr. Simón Martínez Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado



San Nicolás de los Garza, Nuevo León, diciembre 2017.

DEDICATORIA

A Dios, por abrirme el camino para lograr mis metas.

A mis padres María de Lourdes Martínez Díaz y José Luis Barrera Salinas y mi hermano César Alejandro Barrera Martínez por apoyarme en todo momento.

A mi novio Jesús Fernando Calderón de Luna por apoyarme y motivarme a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios por hacer parte de su plan el que yo terminara esta maestría.

A mis padres y hermano por apoyarme y alentarme a esforzarme y sacar lo mejor de mí en todo momento.

A mi novio por su comprensión en los momentos difíciles y su apoyo incondicional.

A mi tutor por su paciencia, sus consejos y soporte desde el inicio.

A mis revisores por haberme dado los mejores consejos.

A mis amigos por no olvidarse de mí a pesar de no tener tanto tiempo para ellos.

A mi querida Facultad de Ciencias Químicas por permitirme dar clases en sus aulas y apoyarme con la beca para mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma de Nuevo León por forjarme en sus aulas como alumna y ahora también como maestra.

ÍNDICE GENERAL

Resumen	VIII
Capítulo 1.Introducción.....	X
1.1 Planteamiento del problema	XI
1.2 Objetivo	XIII
1.2.1 Objetivos Específicos	XIII
1.3 Hipótesis	XIV
1.4 Justificación	XIV
1.5 Metodología	XV
1.6 Estructura de la tesis.....	XV
Capítulo 2. Antecedentes	XVII
2.1 Antecedentes de la industria automotriz	XVII
2.1.1 Mundial	XVII
2.1.2 Nacional.....	XX
2.2 Revisión de la literatura.....	XXI
2.2.1 Industria automotriz	XXI
2.2.2 Definición de Logística.....	XXI
2.2.3 Definición de Cadena de Suministro.....	XXII
2.2.4 Estrategia de Inventarios	XXIII
2.2.4 Inventarios de seguridad.....	XXV
2.3 Descripción de la empresa.....	XXVIII
2.3.1 Generalidades de la Empresa	XXVIII
2.3.2 Historia de la Empresa.....	XXIX
2.3.3 Estructura de la Empresa.	XXX
2.3.4 Principales Productos.	XXXI
2.3.5 Volúmenes de Producción.....	XXXII

2.3.6 Principales procesos de manufactura	XXXIII
2.3.7 Materias Primas Empleadas	XXXIII
2.4 Situación actual del sistema logístico de abastecimiento de materia prima	XXXIV
2.4.1 Descripción de la cadena de suministro en la empresa	XXXIV
2.4.2 Antecedentes del abasto de piezas maquinadas	XXXV
2.4.3 Modo de Operación	XXXVI
2.4.4 Diagnóstico de la situación actual del área de maquila	XXXVII
Capítulo 3. Método	XXXVIII
3.1 Diseño de la investigación	XXXIX
3.2 Definición de las variables a estudiar	XLI
3.2 Población y muestra	XLII
3.3 Instrumentos	XLII
3.4 Procedimientos	XLII
Capítulo 4. Resultados y análisis	XLIV
4.1 Recolección de datos	XLIV
4.2 Aplicación de métodos estadísticos a los datos	XLVII
Capítulo 5. Conclusiones	LIV
5.1 Trabajo futuro	LV
Anexo 1	LVII
Anexo 2	LXI
Bibliografía	LXII
Autobiografía	LXIV

RESUMEN

DEBRA LUISA BARRERA MARTÍNEZ

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO CON
ORIENTACIÓN EN DIRECCIÓN Y OPERACIONES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TÍTULO DEL ESTUDIO:

SISTEMA LOGÍSTICO DE ABASTECIMIENTO DE PIEZAS MAQUILADAS PARA UNA EMPRESA
AUTOMOTRIZ

NÚMERO DE PÁGINAS: 53

OBJETIVO Y MÉTODO DE ESTUDIO:

LOGRAR UN CORRECTO ABASTO DE MATERIALES A LA PLANTA, ASEGURANDO LA ENTREGA EN TIEMPO Y CANTIDAD CORRECTA DE PIEZAS MAQUILADAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE INVENTARIOS DE SEGURIDAD, CON EL FIN DE ELIMINAR PAROS DE LÍNEA, REDUCCIÓN DE ALMACENES, REDUCCIÓN DE FLETES URGENTES, ELIMINACIÓN DE TIEMPO EXTRA PAGADO A TÉCNICOS PARA DAR SEGUIMIENTOS A PIEZAS CRÍTICAS Y ELIMINACIÓN DE MOVIMIENTOS INNECESARIOS DE HERRAMIENTALES.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES:

SE CREÓ UNA FÓRMULA MATEMÁTICA HECHA A LA MEDIDA DE LA PLANTA PARA EL CÁLCULO DE INVENTARIOS DE SEGURIDAD; AL SER APLICADA SOBRE TODOS LOS NÚMEROS DE PARTE DE ALTO VOLUMEN DEL ÁREA DE MAQUILA, OBTENER RESULTADOS Y CARGARLOS AL SISTEMA SE LOGRÓ UNA MEJORA SIGNIFICATIVA EN EL NIVEL DE ABASTO DEL ÁREA.

Dr. Giovanni Lizárraga Lizárraga.
Asesor

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La industria Automotriz es muy demandante y, para poder seguir el ritmo tan dinámico que se tiene en ella, es necesario que el área logística esté preparada y cuente con las herramientas necesarias para poder cumplir los requerimientos tanto de clientes internos como de clientes externos. Todo esto puede llevarse a cabo con ayuda de las tecnologías de información y comunicación que facilitan el trabajo de los operadores dedicados a la logística de la empresa día a día, pero el sistema debe estar correctamente cargado con datos fidedignos para que pueda ser de ayuda.

El presente trabajo se enfocó en la búsqueda, investigación y estudio de un sistema logístico de abastecimiento de piezas maquinadas para una empresa de giro automotriz en el cual se resalta la importancia de los inventarios de seguridad y los parámetros correctamente cargados en los sistemas *ERP* «*Enterprise Resource Planning*», o bien, «*Planeamiento de Recursos Empresariales*» para el buen cálculo de las necesidades de material de la planta.

1.1 Planteamiento del problema

La empresa donde se desarrolló el proyecto, que como se mencionó anteriormente pertenece al giro automotriz, se ha visto envuelta en un constante crecimiento durante los últimos cinco años, ya que se decidió comprar plantas en diferentes países; esto ha ocasionado muchos cambios en estructura de la compañía y que los clientes, al ver que es una empresa más sólida, se sientan con la confianza de asignarle nuevos proyectos o aumentar volúmenes de producción en los proyectos actuales.

Tal como se describió en el párrafo anterior, en una de las plantas de esta compañía ubicada en el municipio de Apodaca, Nuevo León, los principales clientes pidieron incrementar los volúmenes de producción de sus plataformas, las cuales producen los chasis para la camioneta RAM de Chrysler, y las camionetas Tundra y Tacoma de Toyota. Estos aumentos en volúmenes ocasionaron que el área de estampado de la empresa no tuviera suficiente capacidad de producción y la compañía optara por buscar proveedores que contaran con prensas que cumplieran con los requisitos de tonelaje, tamaño y algunas otras especificaciones técnicas para la fabricación de las piezas y poder trasladar los troqueles con dichos proveedores para que dieran el servicio de estampado y comprar piezas maquiladas por ellos.

Debido a la premura con que se dieron estos sucesos, los troqueles comenzaron a ser trasladados hacia los diferentes proveedores maquiladores sin controles ni planeación adecuada. Por los sucesos anteriores se creó un área nueva dentro de la empresa llamada «Maquila» en la cual hay una subdivisión llamada «Logística Maquila».

Esta subdivisión fue creada con el fin de administrar las salidas de troqueles hacia los proveedores maquiladores, con el fin de enviarles los requerimientos de

cada número de parte, monitorear entregas de materia prima a los proveedores, monitorear entrega de piezas a la planta y los fletes que esto implicara.

En un inicio no se contaba con suficiente personal en el área de maquila para monitorear correctamente todos los números de parte que salieron con maquiladores y constantemente el personal existente se concentraba solo en monitorear piezas críticas, estas llegaban a la planta con atrasos contra el requerimiento y significaban un potencial paro hacia las líneas de ensamble sin analizar las causas de esta situación.

Los parámetros del sistema ERP (inventario de seguridad, días de seguridad, cantidad de piezas por lote, punto de reorden, etc.) se encontraban configurados de la misma manera que cuando las piezas se producían dentro del área de estampado de la empresa sin haberles agregado inventarios de seguridad, tiempos de tránsito, y además de que no se cambiaron los periodos de orden ni los días de seguridad.

Según Salazar (s.f.) uno de los objetivos que deben tener las empresas para su proceso de recepción de mercancías es la automatización, con el propósito de eliminar burocracia y errores humanos que no añaden valor a los productos. En el área de maquila no se contaba con ningún sistema o proceso automatizado para monitorear el cumplimiento del *release (documento de requerimientos)* que se le envía a los maquiladores de forma semanal ni se conocían las coberturas que tiene cada número de parte. Para poder revisar estos rubros era necesario ejecutar directamente al sistema ERP que en este caso es la plataforma «QAD *Enterprise Applications*», y revisar cada número de parte individualmente. Por otro lado, debido a la falta de sistemas para monitoreo de cumplimientos y entrega de materiales en repetidas ocasiones se desconocía la cantidad de materia prima con la que contaba el proveedor y no se le enviaba material a tiempo para las corridas productivas.

Todo esto causaba un mal abasto de piezas a la planta, ocasionando paros de línea, gastos extras en fletes urgentes, exceso de inventario de materia prima dentro de la empresa en lugar de que este inventario se ubicara dentro de los almacenes de los proveedores, movimientos de herramientas urgentes por acumulación de piezas críticas en un solo maquilador, exceso de inventario en números de parte de bajo volumen, falta de inventario en números de parte de alto consumo y el pago de tiempo extra a técnicos que daban seguimiento a la entrega de piezas críticas a la línea de ensamble.

1.2 Objetivo

Asegurar el 98% de entregas a tiempo y en cantidad correcta de piezas a las líneas de ensamble mediante la utilización de inventarios de seguridad e incluyendo estos inventarios en el sistema ERP que se utiliza actualmente.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Eliminar por completo los paros de línea causados por faltantes de piezas.
- Lograr una disminución en costos causados por fletes expeditados.
- Disminuir el área de almacén utilizada para excesos de inventario de piezas.
- Eliminar el pago de tiempo extra a técnicos que daban seguimiento a piezas críticas.

1.3 Hipótesis

El crear e implementar una fórmula para el cálculo de inventario de seguridad hecha a la medida de la planta dará un mejor nivel de servicio que usar los parámetros empíricos actuales.

1.4 Justificación

La metodología propuesta es de fácil comprensión para toda la gente que labora en la empresa y no requiere ningún tipo de inversión y poca capacitación.

Es justificable el desarrollo de este proyecto ya que en el 2015 se incurrieron en gastos innecesarios tal como los siguientes:

- 15,602 minutos en paros de línea debido a falta de materiales
- 200 m² de bodega externa de renta
- \$35,385,990.00 pesos en fletes urgentes
- \$273,645 pesos en tiempo extra pagado a técnicos para seguimiento a piezas críticas, equivalente a 2165 horas de trabajo.

La reducción en el incurrimento de dichos gastos o su completa eliminación representa grandes beneficios a la organización.

1.5 Metodología

La metodología utilizada en esta tesis es cuantitativa:

- Analizar la literatura para conocer trabajos realizados por otros autores y de qué manera han resuelto ellos el problema.
- Realizar una investigación de campo, observando los procesos y métodos que se utilizan para los sistemas logísticos en la empresa y ver las condiciones actuales.
- Registrar datos históricos de la demanda de todos los números de parte, así como datos históricos de paros de líneas, costos implícitos por faltantes o excedentes de material, incluyendo la verificación los fletes, recurso humano y de espacio.
- Analizar las mejoras que se puedan realizar implementando los conceptos de inventario de seguridad, basándose también en el análisis de literatura.
- Realizar un análisis estadístico para verificar que efectivamente existe una mejora significativa del modelo actual con respecto al anterior.
- Analizar los resultados y exponer conclusiones.

1.6 Estructura de la tesis

El presente trabajo consta de cinco capítulos, en los cuales se observa como los inventarios de seguridad pueden contribuir grandemente a la mejora de un área en específico de una empresa.

En el capítulo 1 se menciona el problema a atacar del mal abasto de piezas maquinadas a una empresa del giro automotriz, se describe el objetivo y la

hipótesis del presente trabajo, la justificación por la cual se está llevando a cabo y metodología a seguir para lograr resultados satisfactorios.

En el capítulo 2 se ve un panorama general de la industria automotriz a la cual pertenece la empresa sobre la que se realizó el presente trabajo, posteriormente se ve la revisión de literatura donde se mencionan algunos conceptos clave relacionados con el tema de tesis, y se mencionan algunas maneras en las que otros autores han resuelto problemas similares al de este trabajo. Por último se muestran las generalidades de la empresa sobre la que se trabajará para poder comprender mejor el problema y los alcances del trabajo.

Dentro del capítulo 3 se explica a detalle la metodología a seguir en esta tesis, en la cual se incluye la fórmula de inventarios de seguridad propuesta, las variables a estudiar después de la implementación de dicha fórmula, se explica cuál fue la población y muestra, instrumentos a usados y los procedimientos a seguir para la evaluación del correcto funcionamiento de la fórmula de inventarios de seguridad.

Posteriormente, en el capítulo 4 se hace una comparativa entre el estado de la empresa antes y después de la implementación de la fórmula de inventarios de seguridad propuesta.

Finalmente en el capítulo 5 se habla sobre las conclusiones a las que se llegó después del desarrollo de este proyecto y el trabajo futuro que queda pendiente por hacer.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

En este apartado se ven algunos antecedentes del tipo de industria automotriz, posteriormente se revisan antecedentes sobre la manera en que otras empresas de diferentes ramos han resuelto problemas parecidos al que se expone en este documento y para finalizar se analiza la empresa en la que se realizará la investigación.

2.1 Antecedentes de la industria automotriz

2.1.1 Mundial

La época artesanal del automóvil

Tal como lo describió Womack (1990), en los inicios de la década de 1980, existían empresas que se dedicaban originalmente a corte de metales, pero con el paso del tiempo comenzaron la construcción de apenas algunos cientos de automóviles, estos eran construidos bajo pedido del cliente y se fabricaban por medio de una producción artesanal.

En sus inicios este sistema estaba formado por artesanos de gran habilidad que conocían los principios de diseño y materiales necesarios para la construcción de los vehículos, asimismo los ensambladores compraban a ciertos talleres las piezas y componentes que se requerían para el ensamblaje completo.

El volumen de producción era muy bajo, de alrededor de 1000 automóviles al año, de los cuales 50 o menos eran hechos con el mismo diseño pero a pesar de eso nunca eran iguales debido a las técnicas artesanales que causaban variaciones mínimas en el producto terminado y en un inicio la calidad era muy pobre debido a las pocas pruebas que se les realizaba. Solo la gente adinerada tenía la posibilidad de comprar autos debido a que los costos de producción eran muy altos, lo que ocasionaba que el auto fuera sumamente caro.

La época de la producción en masa

Para Ford la clave de la producción en masa no fue la cadena de montaje continua, sino la intercambiabilidad de las partes y la sencillez de su ensamble. Para que esto fuera posible, insistió en el uso del mismo sistema de medición a lo largo de todo el proceso de fabricación, cosa que no se hacía en la producción artesanal.

Esto proporcionó a Ford una gran ventaja frente a sus competidores ya que para 1908, el tiempo promedio de un ensamblador antes de repetir las mismas operaciones era de 514 minutos, es decir 8.56 horas. Cada trabajador era responsable del movimiento o acarreo de las partes necesarias para su operación asignada.

Para 1913, el ciclo de una tarea promedio por ensamblador se redujo hasta 1.19 minutos gracias a la innovación de intercambiabilidad de partes. El primer paso necesario para el proceso fue enviar las partes a cada estación de trabajo, y

así evitar que el trabajador tuviera que caminar por toda la línea de ensamble para conseguirlas.

La época de la producción ajustada

Eiji Toyodal y su ingeniero de producción, Taiichi Ohno, concluyeron que la producción en masa no podría funcionar nunca en Japón. Ese fue el comienzo del sistema de producción Toyota y, finalmente la producción ajustada.

La producción ajustada tiene como propósito usar «menos de todo» en comparación con la producción en serie (menos espacio, menos trabajo, menos gente, menos inversión, menos herramientas, menos tiempo, menos defectos) y una de sus características principales es la capacidad de hacer una amplia variedad de productos en pequeños lotes, logrando reducir el tiempo de cambio de herramientas de un día a tan solo 3 minutos.

La época de la empresa en expansión

Según López (2009), en esta época que abarca aproximadamente entre los años 1990 y 2000, los fabricantes estadounidenses alcanzaron muy altas utilidades mediante la utilización de la manufactura ajustada o manufactura esbelta.

A finales de los 80 Chrysler decidió reunirse con sus proveedores y proponerles un cambio radical en la manera que la compañía tenía que manejar su cadena de valor. A esta manera de hacer negocios le llamaron «Empresa en Expansión», esto consistía en generar relaciones a largo plazo con algunos de los proveedores para desarrollarlos y así lograr reducciones en costos.

El futuro de la industria automotriz.

Durante el siglo XXI se han hecho notar tres elementos que definen el mercado automotriz: factibilidad (práctico), comodidad y estatus. Además de que las grandes alianzas estratégicas que se han dado en los últimos años han empujado a que esta industria sea cada vez más global.

Poco a poco la industria automotriz se irá viendo más ligada a los avances tecnológicos, a las ventas por internet, el uso de tecnologías en los sistemas del automóvil que no perjudiquen al medio ambiente y esto se volverá algo obligatorio.

2.1.2 Nacional

De acuerdo a Vicencio (2005), a pesar de que los automóviles comenzaron a circular por la ciudad de México desde 1985, la industria automotriz en México comenzó su auge en el año de 1925 con la instalación de líneas de ensamble de Ford, posteriormente en 1935 llega a instalarse en el país General Motors y después en 1938 inicia operaciones Automex que más tarde se convertiría en Chrysler. Todas ellas centraron su actividad en el surtimiento de vehículos para consumo local, lo que anteriormente se hacía mediante importaciones.

Las principales razones para tomar la decisión de comenzar a ensamblar autos en México fueron: reducción en costos de producción, bajos costos de transporte, bajos salarios y expectativas en un mercado factible de monopolizar.

A lo largo de los años se han generado numerosos decretos a nivel federal que han permitido que la industria automotriz se desarrolle en nuestro país exigiendo la importación tanto de autopartes como de autos terminados a las ensambladoras y cuidando la balanza comercial nacional.

Se espera que en los siguientes años la industria automotriz continúe en un constante crecimiento y desarrollo y esta rama se expanda cada vez más en nuestro país, generando mayores empleos y contribuyendo al crecimiento y fortalecimiento de nuestra economía.

2.2 Revisión de la literatura

2.2.1 Industria automotriz

Según Bell (2012), la industria automotriz comprende todas aquellas empresas y actividades que intervienen en la fabricación de vehículos de motor, incluyendo la mayoría de los componentes tales como motores y estructurales, excluyendo a los neumáticos, baterías y combustible. Los principales productos de esta industria son los automóviles de pasajeros y camiones ligeros, incluyendo camionetas, furgonetas y vehículos utilitarios deportivos. Los vehículos comerciales (como camiones de reparto, camiones de transporte, etc.), aunque son importantes para la industria, representan un papel secundario en ella.

2.2.2 Definición de Logística.

La logística es una lógica que emplea el método y el simbolismo de las matemáticas, es un conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa o de un servicio, especialmente de distribución. (Asociación de academias de la lengua española, 2017)

Ballou (2004), describe a la Logística como: «la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la

información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes».

Chase et al. (2009) definen a la logística como «el arte y la ciencia de obtener, fabricar y distribuir el material y el producto en el lugar y las cantidades apropiados».

2.2.3 Definición de Cadena de Suministro.

Stock y Lambert (2001) ven a la administración de la cadena de suministro como una integración de los procesos importantes o claves de negocio partiendo del usuario final y llegando hasta los proveedores originales que suministran productos, servicios e información que agrega valor para los clientes y algunas otras partes interesadas.

Según Ballou (2004) la administración de la cadena de suministro comprende todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, partiendo de la etapa de materia prima hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados en este ciclo. También menciona que la administración de dicha cadena es la integración de las actividades mediante mejoramiento de las relaciones a lo largo de la cadena para alcanzar una ventaja competitiva sustentable.

De acuerdo con Chopra y Meindl (2001), la cadena de suministro comprende todas las etapas involucradas, tanto directa como indirectamente, en el cumplimiento de los requerimientos del cliente. La cadena de suministro incluye además del fabricante y los proveedores, a los transportistas, almacenes, minoristas, y los clientes. Dentro de toda organización, la cadena de suministro incluye las funciones involucradas con satisfacer los requerimientos del cliente y dichas funciones incluyen el desarrollo de nuevos productos, marketing,

operaciones, distribución, financiamiento y servicio al cliente pero no se limitan únicamente a esto.

2.2.4 Estrategia de Inventarios

Según Chase et al. (2011) el inventario son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización y un sistema de inventario es un conjunto de políticas y controles mediante los cuales se vigilan los niveles del inventario y se determinan los que se van a mantener, el momento en el que es necesario reabastecerlo y las dimensiones de los pedidos.

El propósito básico del análisis del inventario en la manufactura y los servicios es especificar cuando es necesario pedir más piezas y las cantidades de los pedidos y hay dos tipos generales de sistemas de inventario de varios periodos: los modelos de cantidad de pedido fija y modelos de periodo fijo.

En la mayor parte de los casos la demanda es variable, por lo que es necesario mantener inventarios de seguridad para ofrecer un nivel de protección contra el agotamiento en las existencias. El Inventario de Seguridad se refiere a las existencias de material que se tienen además de la demanda esperada.

De acuerdo a Chopra y Meindl (2001), el inventario de seguridad es realizado con el fin de satisfacer la demanda en caso de que exceda la cantidad prevista para un período determinado de tiempo.

El nivel apropiado de inventario de seguridad está determinado por la incertidumbre de la demanda o la oferta y el nivel deseado de disponibilidad del producto. Estos dos factores están relacionados ya que a medida que la incertidumbre de la oferta o la demanda crecen, el nivel requerido de inventarios de seguridad también aumenta.

De acuerdo a lo escrito por Stock y Lambert en 2001, el Inventario sirve para cinco propósitos dentro de la empresa:

1. Lograr economías de escala.
2. Equilibrar la oferta y la demanda.
3. Permitir la especialización en la fabricación.
4. Proporcionar protección frente a las incertidumbres en la demanda y el ciclo de pedido.
5. Actuar como un amortiguador entre los eslabones críticos dentro de la cadena de suministro.

Aidyn et al. (2015), describe que actualmente las organizaciones tienen que mantener existencias de seguridad para evitar quedarse con pedidos pendientes en casos de demanda incierta, desviaciones en tiempos de entrega y logística.

Mientras que al mismo tiempo Kumar et al. (2015), menciona que la cantidad en el inventario de seguridad dentro de una empresa, está grandemente influenciada por las características de la demanda y el tiempo de entrega (*lead time*) y es determinado generalmente usando el enfoque $k\sigma\text{DDLT}$, donde k es un factor de seguridad basado en el nivel de servicio al cliente deseado y σDDLT es la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega.

Por lo que se puede inferir que dentro de una cadena de suministro los inventarios es una parte sumamente importante y de la cual la empresa debe estar muy pendiente y constituir una buena política de inventarios en donde de ser posible se considere un inventario de seguridad para satisfacer las fluctuaciones que pueda tener la demanda además de amortiguar imprevistos que existan a lo largo de la cadena.

2.2.4 Inventarios de seguridad.

Existen diferentes métodos para lograr el cálculo del inventario de seguridad. Se utilizan estos diferentes métodos dependiendo del tipo de industria, los productos que esta fábrica, el comportamiento de la demanda, etc.

Una manera de calcular el inventario de seguridad es mediante un modelo de programación lineal entera mixta (Aydin, 2015), este modelo debe tomar en cuenta capacidades en la maquinaria, capacidades de manufactura, número de máquinas, cantidad de inventario actual, órdenes atrasadas y variación en la demanda del producto.

Esta metodología se utilizó para una empresa fabricante de llantas y con este modelo se hicieron más de 500 experimentos matemáticos y resultó ser confiable.

En otros casos el inventario de seguridad se calcula en base al costo marginal (Pourakbar, 2008), esto para el caso de envíos intermodales, y se define a la variable $C(ss)$ como el costo de almacenamiento de contenedores de inventario de seguridad y despachando el resto de la producción. Si este valor se incrementa en una unidad, entonces el costo de almacenamiento adicional debe ser pagado en la fábrica, lo que reduce el riesgo de escasez durante el transporte y disminuye el costo de almacenamiento en la terminal intermodal.

También existen ocasiones en las que la variabilidad afecta a los inventarios de seguridad (Talluri, 2004), para estos casos deben tomarse en cuenta diferentes fórmulas para el cálculo de dicho inventario, dependiendo de la variabilidad en el tiempo de espera y la demanda:

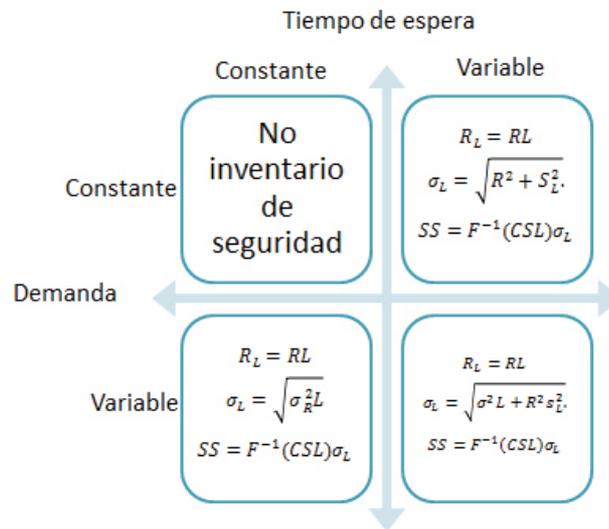


Ilustración 1. Inventario de seguridad por cuadrante. (Talluri, 2004)

Según Aguilar (2012), el inventario de seguridad se puede calcular con la siguiente fórmula cuando no existe variabilidad en la demanda ni en el tiempo de aprovisionamiento:

$$SS = z\sigma D \quad (1)$$

Y cuando existe esta variación, la fórmula se puede modificar de la siguiente manera:

$$SS = z\sqrt{\sigma D^2 L + \sigma L^2 D^2} \quad (2)$$

donde:

- σD es la variación de la demanda durante el tiempo de reaprovisionamiento;
- L es el tiempo de reaprovisionamiento;
- σL es la variación del tiempo de aprovisionamiento;
- D es el promedio de la demanda durante el tiempo de reaprovisionamiento;
- z es el valor de la normal tipificada;

Por otro lado, de acuerdo a lo descrito por King (2011) y APICS (*American Production and Inventory Control Society*), la fórmula para el cálculo del inventario de seguridad más simple es:

$$IS = \sigma Z \quad (3)$$

Cuando quiere tomarse en cuenta el tiempo de espera la fórmula es:

$$IS = \sigma \sqrt{T} \quad (4)$$

Estas fórmulas pueden combinarse para encontrar el inventario de seguridad tomando en cuenta la demanda con un nivel de servicio determinado e incluyendo a su vez el factor del tiempo de espera, quedando de la siguiente manera:

$$IS = Z\sigma\sqrt{T} \quad (5)$$

Si la demanda es constante pero el tiempo de espera variable, entonces necesitarás calcular el inventario de seguridad usando la desviación estándar del tiempo de espera. En este caso la fórmula cambiaría a:

$$IS = Z\tau\bar{x} \quad (6)$$

Estas dos ecuaciones pueden fusionarse para tomar en cuenta como base el tiempo de espera y la variabilidad de la demanda, si estos dos factores varían en forma dependiente la fórmula se transforma de la siguiente manera:

$$IS = (Z\sigma\sqrt{T}) + (Z\tau\bar{x}) \quad (7)$$

donde:

σ es la desviación estándar de la demanda.

τ es la desviación estándar del tiempo de espera.

Z es el nivel de servicio

T es el tiempo de entrega de cada proveedor (tiempo de espera).

\bar{x} es la demanda promedio.

2.3 Descripción de la empresa

2.3.1 Generalidades de la Empresa

La empresa a estudiar forma parte de una reconocida corporación mexicana que ha desarrollado empresas que se distinguen por su solidez, innovación y su contribución al desarrollo de sus colaboradores en pro de la sociedad. Este grupo cuenta con 3 compañías, la primera es la que se estará analizando en este trabajo y pertenece a la industria automotriz y se dedica a hacer ensambles estructurales metálicos; la segunda pertenece a la industria alimenticia y se encarga de la producción de cítricos naturales y jugos tropicales que además de esto desarrolla sus propias cosechas y produce árboles modificados genéticamente además de dar asistencia a agricultores; la tercer empresa, que es la más joven del grupo, se dedica a brindar servicios de salud.



Ilustración 2. Estructura del corporativo de la empresa a estudiar.

Dentro de la industria automotriz y vehículos comerciales, la empresa que se estudia ha probado ser una de las mejores opciones en la solución de componentes estructurales para vehículos ligeros y pesados.

Siendo una empresa global, cuenta con operaciones y centros de tecnología localizados estratégicamente alrededor del mundo, proporcionando un soporte integral a sus clientes a través de un excelente servicio. Los países donde se ubica son México, Estados Unidos, Brazil, Argentina, Alemania, Australia, China, Hungría, India, Japón, Reino Unido, Sudáfrica y Tailandia.

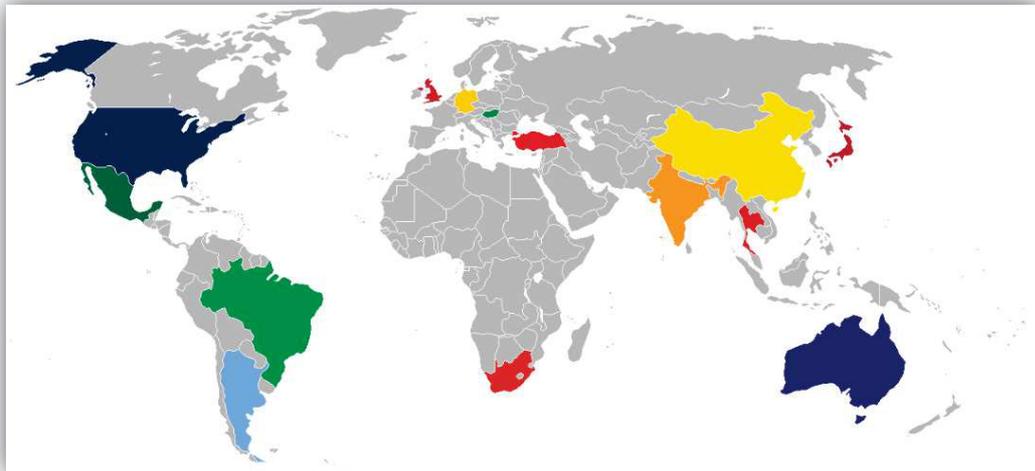


Ilustración 3. Países en los que se ubican instalaciones de la empresa a estudiar.

2.3.2 Historia de la Empresa

En 1956, se funda la empresa, en ese entonces dedicada al mercado de la construcción. Para el año de 1960, la compañía empieza a operar en la industria automotriz.

En el año 1980, empieza operaciones en planta Apodaca. Posteriormente en 1988, se compra una compañía mexicana dedicada a las autopartes en San Luis Potosí.

A partir del año 2000, la empresa inicia su expansión global comprando el negocio de vehículos comerciales de uno de sus competidores con una planta en Roanoke, VA. Después, en el año 2006, empieza producción en su planta Saltillo y abre un centro de tecnología en Detroit. Más tarde en 2008, abre oficinas en Japón e India y empieza la construcción de la planta de Jamshedpur en India.

En el año 2010, compra el negocio de productos estructurales de otro de sus competidores, con plantas en Argentina, Australia, Brasil, E.U.A., Venezuela y una asociación en Reino Unido y en 2011 inicia operaciones con un Centro de Secuenciado en Mexicali.

La última adquisición de la compañía fue en el año 2013, lo que llevo a la empresa a expandirse por nuevas regiones incluyendo países como China, Hungría, Alemania, Turquía y Sudáfrica. Esta expansión hace que la empresa tenga más de 11,000 empleados en todas sus plantas alrededor del mundo.

2.3.3 Estructura de la Empresa.

El área de logística de la planta de Apodaca está dividida en 5 secciones: Vehículos Comerciales, Abastecimiento, Estampado e Hidroformado, Ensamble, y Tráfico y Secuenciado. Cada una de estas áreas cuenta con un coordinador que a su vez le reporta al coordinador de logística de la planta y cuenta con especialistas, practicantes, técnicos y operarios. Esto puede verse mejor explicado en la Ilustración 4.

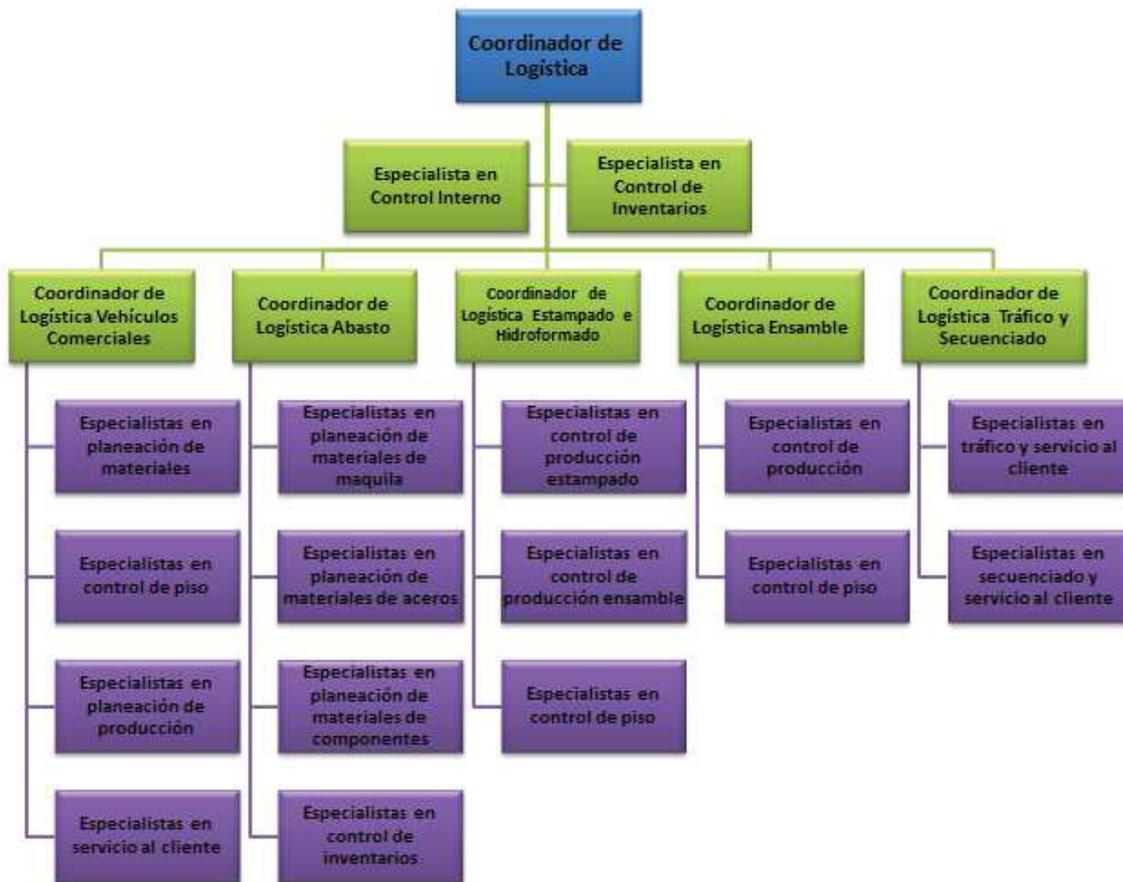


Ilustración 4. Organigrama del área de Logística.

2.3.4 Principales Productos.

En las plantas de la empresa alrededor del mundo se producen estructuras tanto para vehículos ligeros, como para vehículos comerciales. Entre sus principales productos se encuentran los mostrados en la Ilustración 5.



Ilustración 5. Principales productos de la empresa.

2.3.5 Volúmenes de Producción.

En la planta de Apodaca existen tres principales plataformas. Una de ellas es donde se construyen los chasises la de la camioneta RAM de Chrysler, otra es donde se fabrican los chasises de la camioneta Tundra y otra plataforma es la de los chasis para Tacoma, estas últimas dos camionetas pertenecientes a la marca Toyota.

El volumen anual aproximado de producción para los chasises de RAM es de 450,000 unidades. Mientras que para Tundra es de 210,000 unidades y para Tacoma es de 280,000 unidades.

2.3.6 Principales procesos de manufactura

Los principales procesos de manufactura realizados en la planta de Apodaca son el estampado e hidroformado de piezas y el ensamble de chasis.

El estampado consiste principalmente en convertir rollos o tramos de acero en piezas formadas mediante la utilización de prensas troqueladoras y diferentes herramientas llamadas también dados o troqueles, que son las que le dan la forma final a la pieza.

Por otro lado se encuentra el proceso de hidroformado, en el que se utiliza la fuerza del agua y máquinas para darle ciertas formas a tubos de acero.

Y por último se encuentra el proceso de ensamble, donde por medio de soldadura se unen las piezas estampadas e hidroformadas al igual que las piezas compradas a maquiladores y componentes comprados a empresas como pueden ser tornillos, tuercas, alambrones, etc., todo esto para formar el chasis terminado.

2.3.7 Materias Primas Empleadas.

La materia prima más importante requerida para formar las piezas que posteriormente serán ensambladas, es el acero. Este puede ser de diferentes anchos, calibres, espesores y con diferentes propiedades químicas y mecánicas, dependiendo de las necesidades de cada pieza.

También se utilizan piezas compradas como son los tubos de acero, piezas estampadas hechas por maquiladores y componentes pequeños también hechos de acero pero mediante torneado u otros procesos.

2.4 Situación actual del sistema logístico de abastecimiento de materia prima

2.4.1 Descripción de la cadena de suministro en la empresa

La empresa cuenta con una cadena de suministro sumamente amplia ya que cuenta con un número muy grande de proveedores.

En esta ocasión nos enfocaremos solo en los proveedores «productivos» que son los que surten materiales directamente para formar el producto terminado que se le entregará al cliente, que en este caso son los chasis.

La empresa cuenta con 4 proveedores de acero, 18 proveedores de maquila y 30 proveedores de componentes.

Los proveedores de acero surten al área de estampado de la empresa y a los proveedores de maquila.

Los componentes llegan directamente al área de ensamble ya que no requieren ningún otro proceso para ser ensamblados.

Y por último las piezas maquinadas pueden entregarse al área de estampado si es que son «blancos» (piezas preformadas) o directamente al área de ensamble si es que son piezas formadas terminadas.

Lo descrito en los párrafos anteriores se describe de mejor manera en la Ilustración 6.

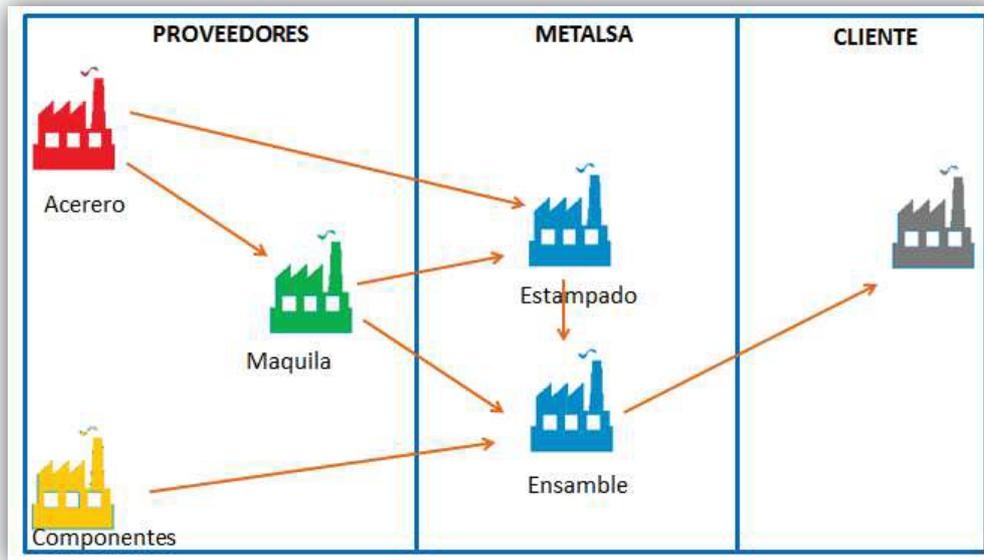


Ilustración 6. Descripción de la cadena de suministro en la empresa.

2.4.2 Antecedentes del abasto de piezas maquiladas

El área de maquila fue creada en la planta de Apodaca en el año 2013 al incrementarse los volúmenes de producción de las tres plataformas de chasis que existen en la planta.

En los inicios de esta área, las herramientas troqueladoras fueron trasladadas hacia los diferentes proveedores maquiladores disponibles. Toda esta transición de producción de piezas de manera externa se hizo de una manera descontrolada debido a que no se contaba con el personal necesario que administrara estos cambios.

Al principio se tenía solamente un ingeniero especialista y cuatro técnicos apoyando en el área de logística maquila. El especialista se encargaba de dar seguimiento a las piezas críticas, las cuales eran las que tenían menos cobertura y significaban potencial afectación a las líneas de ensamble; mientras que los

técnicos se encargaban de mandar las hojas de requerimiento de materiales a los diferentes maquiladores.

Todo esto ocasionó múltiples problemas ya que los técnicos, al no tener la preparación necesaria, enviaban las hojas de requerimiento de materiales sin una previa revisión, no observaban si las cantidades pedidas coincidían y tenían una correlación contra lo que la planta requería.

La consecuencia era que los requerimientos de piezas estaban muchas veces equivocados y los proveedores entregaban menos piezas de las que en realidad las líneas de ensamble requerían por lo que se convertían en piezas “críticas” al estar en alerta porque no había una cantidad suficiente para completar la producción. A consecuencia de esto el especialista tenía más piezas críticas que revisar, lo que provocaba que no tuviera suficiente capacidad para visualizar todo el panorama completo y que los proveedores fueran atrasándose cada vez más sin poder nunca completar los requerimientos realmente necesarios.

2.4.3 Modo de Operación

No se contaba con un método establecido realmente, no hay día de la semana en específico para enviar la hoja de requerimiento a los proveedores, muchas veces no se les envía y ellos trabajaban en base al dato de un volumen estimado que el especialista de compras les comparte cuando se hace el contrato.

El especialista tiene como función asegurar la llegada a la planta de las piezas con mayor criticidad, mientras que los técnicos se encargan de mandar hojas de requerimientos o releases vía correo electrónico, enviar materia prima (aceros) y contenedores metálicos para el empaque de las piezas a los proveedores maquiladores y programar los transportes hablando con las

diferentes líneas transportistas que le dan servicio a la empresa para realizar dichos movimientos.

2.4.4 Diagnóstico de la situación actual del área de maquila

En general, la situación inicial del área de maquila se veía descontrolada, debido a la falta de planeación y administración de los recursos.

No existía ningún sistema que ayudara a las personas a ver las prioridades de entregas, ni tampoco se seguía algún método para medir el cumplimiento de entregas de los proveedores, ya que al concentrarse únicamente en que el material llegara a tiempo para no parar la línea de ensamble, no se verificaba si el proveedor entregaba las cantidades correctas de material en el día indicado en el que debería haberlo entregado.

Tampoco existía un control en el presupuesto gastado en fletes, ya sea para envíos de materias primas, contenedores vacíos, para abastecer a la planta con piezas, fletes por movimientos de herramientas o materiales urgentes, etc.

CAPÍTULO 3

MÉTODO

La metodología que se utilizó para esta tesis fue cuantitativa. Se inició con un análisis de literatura para conocer trabajos realizados por otros autores y de qué manera han resuelto ellos el problema que enfrenta la compañía, esto con el fin de elegir el método más conveniente para la empresa y adaptarlo a ella; posteriormente se llevó a cabo una investigación de campo, observando los procesos y métodos que se utilizan para los sistemas logísticos en la empresa y ver las condiciones iniciales de la misma, se tomaron datos históricos de la demanda de todos los números de parte del área de maquila, así como datos históricos de paros de líneas, costos implícitos por faltantes o excedentes de material, entre estos se verifican los fletes, recurso humano y de espacio; se aplicó el método elegido y finalmente se analizaron las mejoras que se pudieron realizar implementando los conceptos de inventario de seguridad mediante análisis estadísticos para verificar que efectivamente existió una mejora significativa del modelo actual con respecto al anterior. Todo esto puede observarse de manera gráfica en la Ilustración 7.

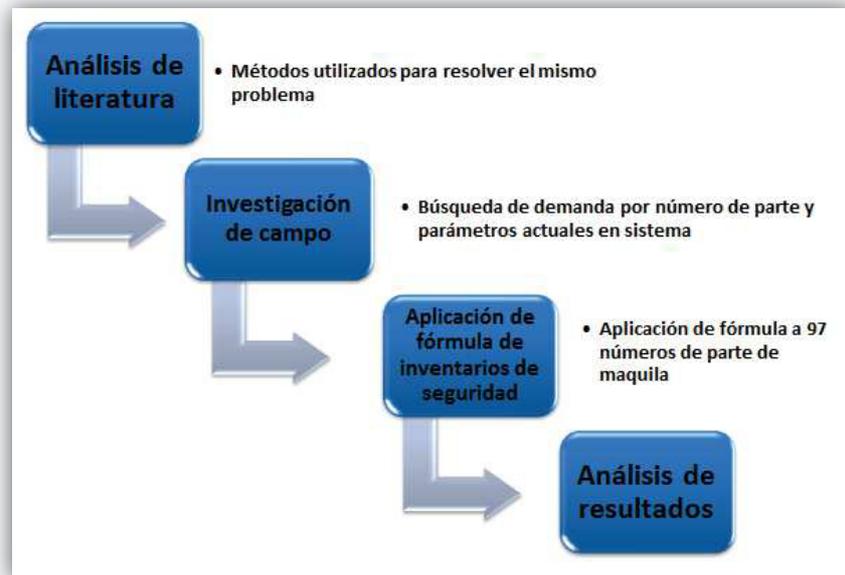


Ilustración 7. Descripción de metodología.

3.1 Diseño de la investigación

En base a lo descrito en los capítulos anteriores se propone la implementación de inventarios de seguridad para todos los números de parte de piezas maquiladas de alto volumen y la creación de monitores para verificación del cumplimiento de los requerimientos por parte de los proveedores.

Los números de parte de bajo volumen no se analizarán en este trabajo ya que requieren ser analizados de manera distinta debido a que al ser poco utilizados se corre el riesgo de obsolescencia al contar con un inventario de seguridad de los mismos. Por tal motivo se optó por no incluirlos en esta investigación.

Debido a que la industria automotriz es muy dinámica, ya que los volúmenes de producción aumentan frecuentemente, el área de maquilas sufre cambios de números de parte constantes. Como solo se cuenta con los datos de las demandas de las piezas se opta por utilizar la fórmula de inventarios de seguridad de APICS adaptada a la empresa, ya que resulta fácil de utilizar por cualquier ingeniero, incluso para los técnicos que no tienen una preparación avanzada para poder interpretar y comprender modelos matemáticos.

Se pretende crear una fórmula matemática para la estimación de inventarios de seguridad que contenga los rubros críticos que afectan al sistema de abastecimiento como son: el tiempo de entrega de cada proveedor, el nivel de servicio que deseamos darle al cliente interno, el porcentaje de cumplimiento regular de los proveedores, el porcentaje de chatarra por número de parte, la confiabilidad del inventario y la criticidad del herramental, todo esto tomando en cuenta la demanda promedio y la desviación estándar de dicha demanda diaria.

Tomando en cuenta todo lo anterior descrito por King y APICS (2011), podemos incluir en nuestra fórmula de inventario de seguridad las demás variables dependientes mencionadas en el párrafo anterior, por lo que la fórmula quedaría de la siguiente manera:

$$IS = Z [(\sigma\sqrt{T}) + \bar{E} (\tau + P + C + I + H)] \quad (8)$$

donde:

IS = Inventario de Seguridad.

σ = Desviación estándar de la demanda.

τ = Desviación estándar del tiempo de espera.

Z = Nivel de servicio que deseamos darle al cliente interno (puntaje Z).

T = Tiempo de entrega de cada proveedor (tiempo de espera).

\bar{E} = Demanda promedio.

P = Porcentaje de cumplimiento regular de los proveedores.

C = Porcentaje de chatarra por número de parte.

I = Confiabilidad del inventario.

H = Daño del Herramental.

3.2 Definición de las variables a estudiar.

Para la implementación de la fórmula de inventarios de seguridad se analizará la demanda de cada uno de los números de parte del área de maquila de alto volumen (como se comentó anteriormente los números de parte de bajo volumen no serán estudiados en este trabajo), esto para poder determinar la desviación estándar en cada uno de ellos; asimismo se verificará el cumplimiento histórico de todos los proveedores revisando los porcentajes de cumplimiento con los que han contado mes con mes durante el año 2015; se establecerán los parámetros de tiempo de entrega de cada proveedor, el porcentaje de chatarra de cada número de parte, la confiabilidad del inventario y el daño que tiene cada herramienta. Estos parámetros serán revisados cada seis meses para la actualización del sistema dependiendo de mejoras o empeoramiento que hayan tenido los herramentales o los proveedores en su desempeño y los cambios en la demanda por parte del cliente que puedan existir.

Para la verificación de los resultados al aplicarse la fórmula propuesta de inventarios de seguridad, se va a analizar información del año 2015 cuando aún no se contaba con ningún método de inventarios dentro de la planta. La información a analizar será:

- la cantidad de dinero o valor en inventario dentro de la planta mensualmente
- la cantidad de dinero o valor gastado en fletes por urgencias mensualmente.

Con la recopilación de dichos datos se podrá realizar una comparación entre el año 2015 cuando aún no se tomaban acciones para el control del inventario de seguridad y el año 2016, después de la implementación de la fórmula propuesta.

3.2 Población y muestra

Se analizará la demanda de 97 números de parte de alto volumen pertenecientes al área de maquila, así como el valor en inventario y gastos en fletes de los 12 meses del año 2015 y de los 12 meses del año 2016.

3.3 Instrumentos

Los instrumentos a utilizar será el ERP de la planta, que es el QAD, para recabar información de demandas de los números de parte, los monitores implementados para medir el cumplimiento de los proveedores y los niveles de inventario de acero y la hoja de cálculo para procesar la información.

3.4 Procedimientos

La información se visualizará por medio de un documento de Excel, en el cual se calculará el promedio y desviación estándar de la demanda de cada uno de los 97 números de parte a analizar y se alimentará la información de cumplimientos de proveedores, cantidad de chatarra, daño en el herramental y tiempo de entrega de cada uno de ellos.

De igual manera por medio de Excel se analizará la información recabada en 2015 y 2016 sobre el valor en inventario dentro de la planta y gasto en fletes por medio de estadística descriptiva al observar por medio de gráficas de barras la diferencia entre los meses de estos dos años.

Para el puntaje Z se tomará en cuenta el 98% de cumplimiento que se desea obtener.

Por otro lado, se analizará que la hipótesis se haya cumplido por medio del método estadístico *t*-student auxiliados por una hoja de cálculo. Se utilizará este método debido a que las muestras son pocas. Al analizar esta información se podrá llegar a la conclusión de si se cumple o no la hipótesis.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Recolección de datos

Se aplicó la fórmula de inventario de seguridad en los 97 números de parte del área de maquila de alto volumen, posteriormente se hizo un ajuste para cumplir con los estándares de empaque de cada uno de los números de parte ya que se pretendía mantener siempre contenedores llenos en el almacén. El resultado se muestra en el Anexo 1.

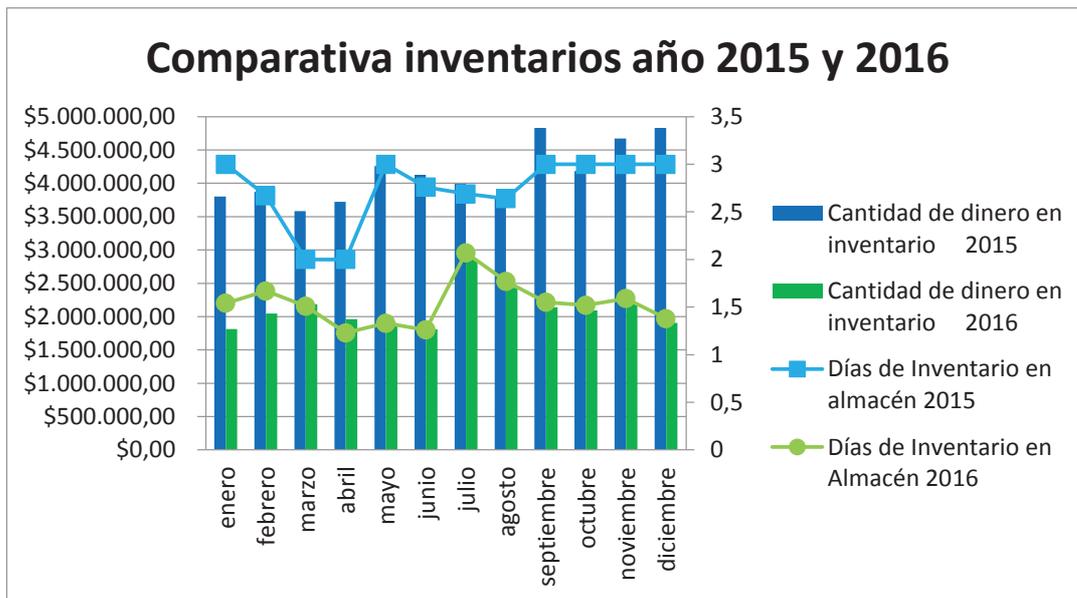
Como se puede ver en el Anexo1, en algunos de los números de parte el inventario promedio en días aumentó y en otros disminuyó por lo que se realizaron análisis estadísticos mediante el método *t*-student para comprobar que haya existido un beneficio con la aplicación de la fórmula propuesta.

Se realizó la recolección de información sobre el valor en inventarios dentro de la planta durante los 12 meses del año 2015 y los 12 meses del año 2016 y el resultado se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparativa entre valor en inventario y días de inventario en almacén del año 2015 y 2016.

Mes	Año 2015		Año 2016	
	Valor en inventario	Días de Inventario en almacén	Valor inventario	Días de Inventario en Almacén
enero	\$3,802,602.56	3	\$1,814,327.23	1.54
febrero	\$3,871,731.76	2.67	\$2,045,497.92	1.67
marzo	\$3,583,539.60	2	\$2,184,158.58	1.51
abril	\$3,720,815.72	2	\$1,963,019.96	1.23
mayo	\$4,259,743.50	3	\$1,901,258.86	1.33
junio	\$4,125,377.85	2.76	\$1,808,507.56	1.26
julio	\$3,992,692.00	2.69	\$2,861,147.95	2.07
agosto	\$3,781,271.86	2.64	\$2,434,457.49	1.77
septiembre	\$4,829,313.00	3	\$2,141,766.00	1.55
octubre	\$4,183,552.28	3	\$2,095,109.21	1.52
noviembre	\$4,670,154.00	3	\$2,206,434.76	1.59
diciembre	\$4,829,185.00	3	\$1,905,240.32	1.38

Esta información puede observarse a manera de comparativa para el año 2015 y 2016 en la Gráfica 1.



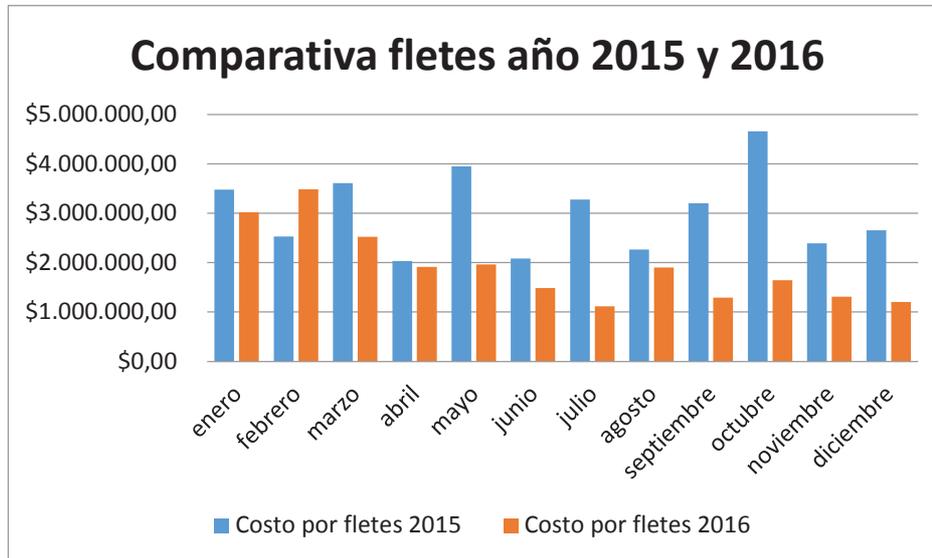
Gráfica 1. Comparativa inventarios año 2015 y 2016.

De igual modo se representan los datos recolectados en estos dos años para los costos por fletes urgentes, los cuales están representados en la Tabla 2 y Gráfica 2.

Tabla 2. Comparativa en costos por fletes urgentes del año 2015 y 2016.

Mes	Costo por fletes 2015	Costo por fletes 2016
enero	\$3,475,650.00	\$3,019,250.00
febrero	\$2,530,970.00	\$3,484,490.00
marzo	\$3,610,990.00	\$2,525,150.00
abril	\$2,031,890.00	\$1,913,900.00
mayo	\$3,948,560.00	\$1,963,510.00
junio	\$2,084,660.00	\$1,484,400.00
julio	\$3,275,360.00	\$1,113,910.00
agosto	\$2,264,150.00	\$1,900,370.00
septiembre	\$3,203,830.00	\$1,289,420.00
octubre	\$4,658,630.00	\$1,641,120.00
noviembre	\$2,390,610.00	\$1,308,150.00
diciembre	\$2,655,020.00	\$1,201,503.00

Esta información puede observarse a manera de comparativa para el año 2015 y 2016 en la Gráfica 2.



Gráfica 2. Comparativa fletes año 2015 y 2016

4.2 Aplicación de métodos estadísticos a los datos

Con los datos recopilados durante el año 2015 cuando aún no se tenía implementada la fórmula de inventarios de seguridad dentro de la planta se descubrió que el promedio mensual del valor en inventario dentro de la planta es de \$4,137,498.26 dólares. Al implementar la fórmula descrita anteriormente se recopiló información de todos los meses del año 2016 para comprobar que efectivamente hubo una mejoría debido a la implementación de dicha fórmula. El resultado obtenido fue que se tuvo un promedio de \$2,113,410.48 dólares con una desviación estándar de \$297,713.92 dólares. Se busca analizar con un nivel de significancia de 0.01 que el valor en inventario promedio posterior a la implementación de la fórmula es menor al promedio del año 2015. Para esto se utilizarán los datos de la tabla de distribución *t*-student que se encuentra en el Anexo 2.

Solución:

- Datos:

$\mu = \$4,137,498.26$ dólares/mes

$s = \$297,713.92$ dólares/mes

$\bar{x} = \$2,113,410.48$ dólares/mes

$n = 12$

$\alpha = 0.01$

- Ensayo de hipótesis

$H_0; \mu = > \$4,137,498.26$ dólares/mes

$H_1; \mu < \$4,137,498.26$ dólares/mes

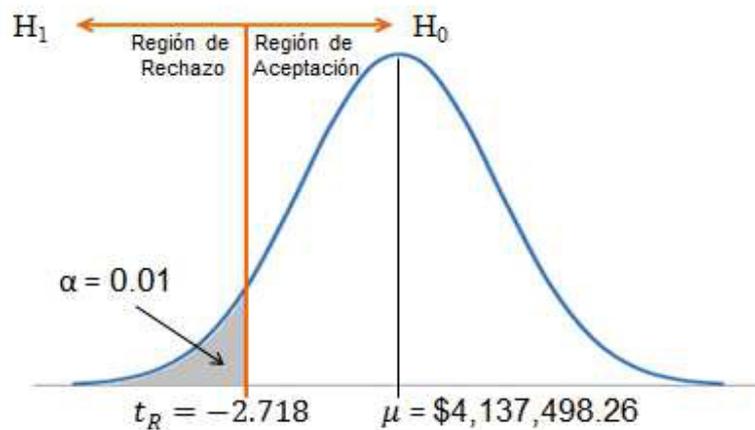


Ilustración 8. Distribución para el valor en inventarios con significancia 0.01.

- Regla de decisión:

Si $t_R \geq -2.718$ No se rechaza H_0

Si $t_R < -2.718$ Se rechaza H_0

- Cálculos:

$$t_R = \frac{\bar{x}_R - \mu}{s/\sqrt{n}} = \frac{\$2,113,410.48 - \$4,137,498.26}{\$297,713.92/\sqrt{12}} = -23.55$$

- Justificación y decisión:

Como $-23.55 < -2.718$, se rechaza H_0 y se concluye con un nivel de significancia del 0.05 que la cantidad en dinero en inventario promedio por mes si es significativamente menor después de haber implementado la fórmula de inventario de seguridad.

De igual manera con los mismos datos recopilados durante el año 2015 se descubrió que el promedio de los días de inventario dentro de la planta es de 2.73 días de inventario al mes. Al implementar la fórmula de inventarios de seguridad y recopilar información del año 2016 el resultado obtenido fue que se tuvo un promedio de 1.53 días de inventario por mes con una desviación estándar de 0.2339 días. Se busca analizar con un nivel de significancia de 0.05 que la cantidad de días de inventario promedio dentro de la planta posterior a la implementación de la fórmula es menor al promedio del año 2015.

Solución:

- Datos:

$\mu = 2.73$ días/mes

$s = 0.2339$ días/mes

$\bar{x} = 1.53$ días/mes

$n = 12$

$\alpha = 0.01$

- Ensayo de hipótesis

$H_0; \mu = 2.73$ días/mes

$H_1; \mu < 2.73$ días/mes

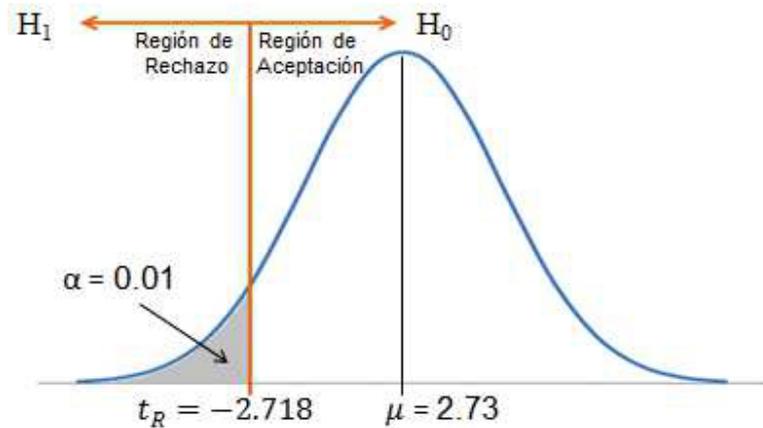


Ilustración 9. Distribución para los días de inventario en almacén con significancia 0.01.

- Regla de decisión:

Si $t_R \geq -2.718$ No se rechaza H_0

Si $t_R < -2.718$ Se rechaza H_0

- Cálculos:

$$t_R = \frac{\bar{x}_R - \mu}{s/\sqrt{n}} = \frac{1.53 - 2.73}{0.2339/\sqrt{12}} = -17.77$$

- Justificación y decisión:

Como $-17.77 < -2.718$, se rechaza H_0 y se concluye con un nivel de significancia del 0.05 que la cantidad de días de inventario promedio por mes si es significativamente menor después de haber implementado la fórmula de inventario de seguridad.

Por otro lado con los mismos datos recopilados del año 2015 se detectó que el promedio del gasto en fletes urgentes era de \$3,010,860 pesos al mes. Al

implementar la fórmula de inventarios de seguridad y recopilar información del año 2016 el resultado obtenido fue que se tuvo un promedio de \$1,903,764.41 pesos por mes con una desviación estándar de \$752,382.31 pesos. Se busca analizar con un nivel de significancia de 0.05 que el valor promedio gastado en fletes urgentes por mes en la planta posterior a la implementación de la fórmula es menor al promedio del año 2015.

Solución:

- Datos:

$$\mu = \$3,010,860 \text{ pesos /mes}$$

$$s = \$752,382.31 \text{ pesos/mes}$$

$$\bar{x} = \$1,903,764.41 \text{ pesos/mes}$$

$$n = 12$$

$$\alpha = 0.01$$

- Ensayo de hipótesis

$$H_0; \mu = \$3,010,860 \text{ pesos/mes}$$

$$H_1; \mu < \$3,010,860 \text{ pesos/mes}$$

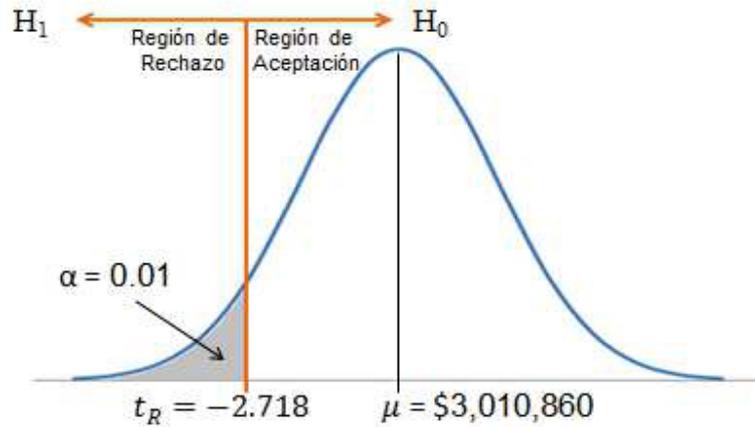


Ilustración 10. Distribución para los costos por fletes urgentes con significancia 0.01.

- Regla de decisión:

Si $t_R \geq -2.718$ No se rechaza H_0

Si $t_R < -2.718$ Se rechaza H_0

- Cálculos:

$$t_R = \frac{\bar{x}_R - \mu}{s / \sqrt{n}} = \frac{\$1,903,764.41 - \$3,010,860}{752,382.31 / \sqrt{12}} = -5.09$$

- Justificación y decisión:

Como $-5.09 < -2.718$, se rechaza H_0 y se concluye con un nivel de significancia del 0.01 que el valor gastado en fletes urgentes promedio por mes si es significativamente menor después de haber implementado la fórmula de inventario de seguridad.

Por lo tanto, al observar las estadísticas y los resultados de las pruebas t-Student, se puede afirmar que la fórmula de inventarios de seguridad aportó mejoras significativas al área de logística maquila, ya que se redujo la cantidad de piezas totales en inventario, lo cual trajo como consecuencia una disminución del capital invertido en inventarios por parte de la planta. Asimismo, el contar con inventarios de seguridad trajo como consecuencia un mayor control en la operación de dicha área y esto condujo a la reducción de fletes por urgencias, ya que al contar con inventario de seguridad dentro de la planta se podían amortiguar los eventos que pudieran retrasar el abasto.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

A lo largo de la presente investigación se estudió la importancia de los inventarios de seguridad en las organizaciones y como se podía adaptar el cálculo de estos específicamente al área de logística maquila de una empresa automotriz, se logró recalcar la importancia de los mismos y como el calcularlos correctamente y alimentar con estos datos el sistema ERP puede dar buenos resultados para la organización y la planeación del área.

Específicamente, con el cálculo e implementación de la fórmula propuesta para el cálculo de los inventarios de seguridad dentro del área de logística maquila se logró asegurar la entrega a tiempo y en cantidad correcta de piezas a las áreas de estampado y ensamble de la planta en el 98% de las entregas, logrando así cumplir los objetivos específicos planteados al inicio de la investigación:

- se logró eliminar por completo los paros de línea causados por faltantes de piezas (existieron paros pero fueron causados por otras razones ajenas al correcto cálculo de los inventarios de seguridad);
- disminuyeron costos causados por fletes expeditados en un 36%;
- se eliminó el área de almacén utilizada para excesos de inventario de piezas de bajo volumen;

- se reubicaron en otras áreas donde eran requeridos a los técnicos que daban seguimiento a piezas críticas en el área de logística maquila, por lo que además de eliminar el tiempo extra que se pagaba en el área también se ahorraron los salarios que se les pagaba a estas 4 personas.

Por lo anteriormente comentado, se concluye que se cumplió la hipótesis propuesta ya que efectivamente la implementación de una fórmula de inventario de seguridad hecha a la medida de la planta dio un mejor nivel de servicio a los clientes internos que los parámetros empíricamente cargados con los que contaba el sistema ERP.

5.1 Trabajo futuro

Como parte de esta investigación quedó abierta una brecha para el estudio de los números de parte de bajo volumen que se manejan en el área, ya que estos no fueron incluidos dentro de los cálculos hechos por la fórmula de inventario de seguridad propuesta debido a varios factores:

- Esos números de parte son muy poco utilizados en la línea de ensamble, por lo que no se puede contar con mucho inventario ya que el material suele oxidarse y ser inservible para el proceso.
- Las herramientas o dados que fabrican estas piezas de bajo volumen son comúnmente las que se encuentran en peor estado y a las que se les da menos mantenimiento, de tal forma que esto impactaría grandemente en los resultados de la fórmula propuesta porque el porcentaje de criticidad del herramental es muy alto y nos arrojaría a

tener un alto inventario en el almacén, lo cual no es posible por lo que se mencionó en el punto anterior.

- Por ser partes de bajo volumen, la posibilidad de que en algún momento se hagan obsoletas es más alta por lo que contar con inventario puede traducirse en pérdidas si esto ocurre.

Es por lo anterior que estos números de parte deben ser tratados de una manera diferente y no se puede aplicar la fórmula propuesta, por lo que en el futuro se analizará la manera de calcular la mejor cantidad de material a tener dentro de inventarios o si es necesario no contar con los mismos.

También se verá la manera de adaptar la fórmula propuesta para que pueda ser utilizada en otras áreas de la organización como componentes, aceros y estampado y en un futuro buscar la manera de implementarla dentro de las otras plantas del grupo y de ser posible en otras industrias de diferentes giros.

ANEXO 1

Comparativa en inventarios de seguridad antes y después de la fórmula propuesta en este trabajo (Fórmula 8)

No. Parte	Consumo Diario Promedio	Antes de la fórmula de Inventario de seguridad		Después de la fórmula de Inventario de seguridad		
		Inventario de seguridad antes de la fórmula	Inventario de seguridad en Días (antes de fórmula)	Inventario de Seguridad Calculado	Inventario de seguridad con respecto a Estándares de empaque	Inventario de seguridad en Días
38114AB	379	2652	7	1,930	2000	5.28
59332AC	371	2597	7	1,828	2000	5.39
59339AB	387	2712	7	2,015	2500	6.45
59340AC	356	2494	7	2,061	2500	7.02
68148AB	114	795	7	269	300	2.64
68149AA	114	795	7	269	300	2.64
68151AA	114	795	7	269	300	2.64
68152AA	114	795	7	269	300	2.64
68156AA	115	807	7	517	600	5.21
68157AA	115	807	7	517	600	5.21
68161AA	115	807	7	273	300	2.6
08016AE	781	5464	7	2,923	3000	3.84
08017AE	718	5024	7	3,035	3100	4.32
38070AC	591	4139	7	3,061	3100	5.24
60762AB	1211	8478	7	2,188	2400	1.98

60763AB	1211	8478	7	2,188	2400	1.98
65255AC	1211	8478	7	5,579	5700	4.71
08085AD	422	2955	7	1,830	2000	4.74
08087AD	424	2965	7	2,026	2250	5.31
59299AC	167	1170	7	1,371	1400	8.37
59353AC	85	597	7	782	800	9.38
59378AB	89	626	7	880	900	10.06
60950AE	229	1601	7	1,366	1400	6.12
60951AE	236	1649	7	1,401	1750	7.43
65559AA	514	3596	7	1,005	1200	2.34
68206AA	588	4113	7	3,126	3500	5.96
68207AA	588	4114	7	3,126	3500	5.96
68210AA	133	929	7	279	1000	7.54
68211AA	132	924	7	279	1000	7.57
68212AA	372	2605	7	731	1000	2.69
68213AA	372	2607	7	733	1000	2.69
68218AA	599	4191	7	1,190	1710	2.86
68219AA	595	4165	7	1,182	1710	2.87
38055AE	842	5894	7	2,024	2040	2.42
60996AC	1312	9187	7	2,189	2800	2.13
65365AB	435	3044	7	2,137	2400	5.52
65366AB	434	3039	7	2,126	2400	5.53
10167AF	1211	8476	7	2,273	2300	1.9
40081AD	1211	8478	7	7,118	7500	6.19
40083AG	808	5654	7	3,607	3640	4.51
40212AA	292	2044	7	596	637	2.18
60531AC	292	2044	7	1,413	1600	5.48
60532AC	292	2044	7	1,413	1600	5.48
60653AG	357	2497	7	701	800	2.24
60654AF	348	2438	7	697	800	2.3
08094AA	186	1305	7	2,419	2500	13.41
65388AB	106	743	7	472	600	5.66
65560AA	104	728	7	463	500	4.81
38081AD	303	2124	7	1,829	1900	6.26
60761AC	1211	8478	7	5,579	5700	4.71
64098AC	340	2381	7	1,855	1885	5.54
65500AA	115	807	7	267	500	4.34

68010AD	43	303	7	278	550	12.69
68011AD	43	303	7	278	550	12.69
68012AD	676	4731	7	3,049	3300	4.88
68013AD	671	4694	7	3,032	3300	4.92
601013AB	1213	8488	7	2,288	2500	2.06
601014AC	1221	8547	7	2,291	2500	2.05
60506AA	108	758	7	820	1100	10.15
60529AG	1211	8478	7	2,285	2400	1.98
60530AG	1211	8478	7	2,285	2400	1.98
60743AF	70	487	7	675	900	12.93
60744AF	474	3316	7	2,867	3000	6.33
60745AG	474	3316	7	2,867	3000	6.33
60752AD	1006	7043	7	1,926	2100	2.09
60753AD	1006	7043	7	1,926	2100	2.09
65378AB	558	3903	7	978	1200	2.15
38082AD	462	3234	7	1,974	2000	4.33
38083AE	494	3460	7	2,093	2100	4.25
38084AC	408	2858	7	1,998	2000	4.9
40150AD	1211	8478	7	2,164	2280	1.88
40154AD	1211	8478	7	2,164	2250	1.86
601015AE	1211	8478	7	2,164	2200	1.82
601021AB	1211	8478	7	2,164	2400	1.98
65180AG	370	2590	7	670	1200	3.24
65181AG	363	2538	7	664	1200	3.31
65182AF	370	2590	7	670	1200	3.24
65183AF	363	2538	7	664	1200	3.31
68160AD	1211	8478	7	2,164	2200	1.82
68220AA	673	4708	7	1,139	1200	1.78
68221AA	679	4752	7	1,136	1200	1.77
60799AC	1653	11570	7	3,447	4500	2.72
64062AH	25	176	7	216	400	15.92
64067AG	36	251	7	461	800	22.27
64099AA	86	601	7	552	800	9.31
64101AA	142	995	7	902	1200	8.45
59300AC	253	1772	7	694	800	3.16
64095AB	197	1382	7	1,695	2000	10.13
65458AB	179	1252	7	437	10000	55.91

65192AK	82	571	7	160	300	3.68
65193AK	82	571	7	160	300	3.68
65198AK	82	571	7	160	300	3.68
65199AK	82	571	7	160	300	3.68
65518AA	264	1848	7	488	600	2.27
65519AA	264	1848	7	488	600	2.27
65522AA	264	1848	7	488	600	2.27
65523AA	264	1848	7	488	600	2.27

ANEXO 2

Tabla de distribución t- Student.

Tabla de distribución T de Student

Nivel de signifcancia

	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05	0.025	0.01
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747
5	0.727	0.920	1.166	1.476	2.105	2.571	3.365
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528

Grados de libertad

BIBLIOGRAFÍA

- Asociación de academias de la lengua española. (2017). *Diccionario de la lengua española. Edición Tricentenario*. Obtenido de Real Academia Española: <http://dle.rae.es/?id=NZJWMiV>
- Aguilar Santamaría, P. A. (2012). Un modelo de clasificación de inventarios para incrementar el nivel de servicio al cliente y la rentabilidad de la empresa. *Pensamiento y Gestion*, 32, 142 - 164.
- Arango, M. D. (2012). Modelos de sistemas MRP cerrados integrando incertidumbre. *Revista EIA*, 61-76.
- Aydin, G. K. (2015). A comparative study of production-inventory model for determining effective production quantity and safety stock level. *Elsevier*, 6359-6374.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- Bell, J. (03 de 07 de 2012). *Automotive industry*. Obtenido de Encyclopedia Britanica: <http://global.britannica.com/topic/automotive-industry>
- Chase, R. B. (2011). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México, D.F.: Mc Graw-Hill.
- Chopra, S. M. (2001). *Supply chain management. Strategy, planning, and operation*. New Jersey: Prentice Hall.
- Customer service and safety-stock inventory. (s.f.). *Darden business publishing*, 1-5.
- Delgado Hidalgo, L. T. (2010). Aplicación de un modelo de programación lineal en la optimización de planeación de requerimientos de materiales (MRP) de dos escalones con restricciones de capacidad. *Ingeniería e investigación*, 168-173.
- Gutiérrez, V. V. (2008). Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revisión de la literatura. *Fac. Ing. Univ. Antioquia*, 134-149.

- Izar Landeta, J. M. (2015). Estimación de las existencias de seguridad para artículos con tiempo de entrega aleatorio y demanda con distribución normal y uniforme. *Revista investigación operacional*, 70-84.
- King, P. L. (2011). Crack te code. Understanding safety stock and mastering its equations. *APICS Magazine*, 36.
- Kumar, A. E. (2015). Setting safety stock based on imprecise records. *Elsevier*, 68-75.
- López, M. d. (2005). Tesis: La evolución estratégica de la industria automotriz mundial. Puebla, México.
- Pourakbar, M. S. (2008). The floating stock policy in fast moving consumer goods supply chains. *Elsevier*, 49.
- Pourakbar, M. S. (2008). The floating stock policy in fast moving consumer goods supply chains. *Elsevier*, 39-49.
- Salazar López, B. A. (s.f.). *Logística y Abastecimiento*. Obtenido de jimdo.com: <https://logisticayabastecimiento.jimdo.com/almacenamiento/>
- Stock, J. R. (2001). *Strategic logistics management*. New York: Mc Graw-Hill.
- Talluri, S. C. (2004). Integrating demand and supply variability into safety stock evaluations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, 62 - 69. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1108/09600030410515682>
- Torres, C. A. (2014). Diseño de sistema experto para toma de decisiones de compra de materiales. *Cuadernos de Administración*, 20-30.
- Vicencio Miranda, A. (2007). La industria automotriz en México. Antecedentes, situación actual y perspectivas. *E-Journal UNAM*, 248.
- Womack, J. J. (1990). *La máquina que cambió al mundo*. Madrid: Mc Graw-Hill.

AUTOBIOGRAFÍA

DEBRA LUISA BARRERA MARTÍNEZ

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO CON ORIENTACIÓN EN DIRECCIÓN Y OPERACIONES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TÍTULO DEL ESTUDIO:

SISTEMA LOGÍSTICO DE ABASTECIMIENTO DE PIEZAS MAQUILADAS PARA UNA EMPRESA AUTOMOTRIZ

Nací en Monterrey, Nuevo León, el 20 de junio de 1991, mis padres son María de Lourdes Martínez Días y Jose Luis Barrera Salinas y tengo un hermano llamado César Alejandro Barrera Martínez.

Estudí en la Facultad de Ciencias Químicas la carrera de Ingeniero Industrial Administrador y mi experiencia profesional ha sido en una empresa de giro automotriz en diversas áreas de la logística, iniciando en el área de proyectos, posteriormente como planeadora de materiales en el área de maquila y actualmente en el área de proposición de valor apoyando en cotizaciones para la logística de nuevos proyectos. También me desempeñé como catedrática de tiempo parcial en la Facultad de ciencias químicas desde el año 2015.