



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados,
Investigación y Consultoría
Departamento de Ingeniería

Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Título de la tesis:
**Análisis de Factores Comunes que Afectan el Desempeño de la Entrega a
Tiempo en la Industria de Plástico de una Localidad.**

Tesis para obtener el Grado de Doctor en
Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Presenta
Mtra. Marisol Reyes Alcantar

Puebla, Puebla, México

6 de Mayo de 2015



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Aprobación de Tesis



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados,
Investigación y Consultoría

Departamento de Ingeniería

Doctorado en Logística y Dirección de la
Cadena de Suministro

Se aprueba la Tesis:

Análisis de factores comunes que afectan el desempeño de la entrega a
tiempo en la industria de plástico de una localidad.

Comité Doctoral

Dra. María Beatriz Bernábe Loranca
Director de Tesis

Dr. Elías Olivares Benítez
Asesor

Dr. José Eduardo Espinosa Rosales
Asesor

Puebla, México.

Mayo de 2015

Agradecimientos

*Agradezco a mi Dios de paz, por iluminar el camino
que me permitió cumplir esta meta.*

*Agradezco a mis padres por toda su confianza y
apoyo en todas mis etapas.*

*Agradezco a mi hijo Juan Mateo por esperar con paciencia
cada vez que su mami debía terminar una tarea.*

*Agradezco a mi directora de Tesis, la Dra. María Beatriz Bernabe
Loranca, por todo su ejemplo de vida como mujer victoriosa.*

Marisol

Contenido

Capítulo 1 Planteamiento del Problema	6
Antecedentes de la investigación.....	6
Justificación de la investigación	10
Objetivos de investigación.....	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
Preguntas de investigación	12
Hipótesis	13
Alcances y limitaciones del proyecto.....	14
Viabilidad de la investigación	15
 Capítulo 2 - Estado del Arte	 16
Revisión de la literatura de la medición del desempeño.....	16
Revisión de literatura de herramientas Six Sigma aplicadas en la medición del desempeño logístico.....	23
Revisión de literatura para un estudio comparativo local de las causas que afectan el desempeño de la entrega a tiempo en la industria del plástico	35
 Capítulo 3 Marco Teórico.....	 48
Análisis de datos multivariante.....	48
Propiedades y comparación entre las escalas	54
Análisis de Componentes Principales	58
Análisis de Factores	59
Diferencia entre componentes principales y Análisis Factorial.....	60
Análisis de Conglomerado (Cluster)	60
Análisis de Correspondencias	65
Condiciones del tamaño de la muestra	65
Requisitos que debe cumplir un instrumento de medición	66
 Capítulo 4 Metodología de la Investigación.....	 72
 Capítulo 5 Recolección de la Información.....	 73
Selección de la muestra.....	73
Recolección de los datos.....	78
Diseño del instrumento de medición (encuesta)	78
 Capítulo 6 Análisis de Datos.....	 84
Estadística descriptiva	84
Análisis de frecuencia	84
Análisis descriptivo de la frecuencia de causas, según el tipo de material	88
Análisis descriptivo de la frecuencia de causas originadas por el proveedor	94

Análisis descriptivo de las causas originadas en el área de producción	98
Análisis descriptivo de las causas originadas en el área de logística	105
Tabla resumen del análisis de la estadística descriptiva	111
Análisis de Componentes Principales	113
ACP- Factores externos: causas materiales y proveedores	113
ACP- Factores Internos: causas de producción y logística	130
Tabla resumen del análisis de componentes principales	139
Análisis de Conglomerados (Cluster)	141
Análisis de conglomerados Jerárquicos de causas de producción no-OTD	142
Análisis de conglomerados Jerárquicos de causas de logística no-OTD	145
Tabla resumen del análisis de clusters de las causas de producción y logística	147
Relaciones de Dependencia	148
Relación entre “inexactitud de inventario” y las otras causas de logística	148
Tabla resumen de relaciones de dependencia entre las causas principales	153
Efectos Principales	154
Tabla resumen de relaciones de Efectos Principales	159
Análisis de Correspondencias	160
Análisis de correspondencias simple	160
Análisis de correspondencias simples para causa interna P2 “mala programación por no considerar desperdicios”	161
Análisis de correspondencias simples para causa interna L2, “inexactitud del inventario”	167
Análisis de correspondencias múltiples de causas internas de entregas tardías	171
Modelos de vector del análisis de correspondencias múltiples de la causa P2, tipo de producto, nacionalidad y nivel de proveeduría.	175
Capítulo 7 Resultados	176
Resumen de resultados	176
Tabla resumen de herramientas estadísticas y hallazgos	178
Conclusiones	181
Recomendaciones	182
Referencias	183
Anexos	189
Anexo 1 - Artículo por enviar “International Review of Management and Business Research”	190
Anexo 2 - Artículo publicado en revista arbitrada	190
Anexo 3 – Ponencia en congreso internacional	190
Anexo 4.- Premio a la investigación sobresaliente	190
Anexo 5 - Memoria de congreso internacional	190
Anexo 6 – Autor principal de capítulo de libro	190
Anexo 7 – Conferencia promoción	190
Anexo 8 -Carta presentación para el estudio	190
Anexo 9 - Instrumento de medición para conocer las causas que afectan las entregas a tiempo.....	190
Anexo 10 – Artículo enviado a “International Journal of Production Research”	190

Capítulo 1 Planteamiento del Problema

Antecedentes de la investigación

En el año 2009, el Gobierno del Estado de Puebla dejó en manos de la Universidad Popular Autónoma de Puebla la coordinación de esfuerzos entre varios organismos, para la firma de un convenio que formalizará la creación del Grupo Asociativo para la Competitividad del Plástico en Puebla (GAP), el cual ha buscado a través de diversos proyectos, definir alguna estrategia para el desarrollo y estructuración de la Cadena Productiva de Plástico en el Estado de Puebla. En ese mismo año, se elabora un informe titulado *“Estudio de articulación de la cadena productiva de plásticos en el Estado de Puebla”*, en donde se menciona que existe una limitada articulación de dicha industria con el sector educativo (Miranda et. al 2009). Esta limitante educativa, motivó a la dirección de la División de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Puebla (la cual cuenta dentro de uno de sus programas de estudio con la carrera de Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales área Plásticos) a dirigir los lineamientos de investigación hacia la mejora de las actividades logística específicas del sector plástico, así como su interacción en su respectiva cadena de suministro.

Estructura general de una cadena de suministro del plástico

La cadena productiva de plásticos se conforma en términos verticales por eslabones relacionados, mostrados en la Ilustración 1-1. Como se observa, el primer enlace se da entre la extracción petrolera y la petroquímica básica, seguido por la producción de resinas, el procesamiento e integración a mercados sectoriales y finalmente el reciclaje (Miranda et. al 2009).



Ilustración 1-1 Eslabones de la Cadena Productiva del Plástico

El mercado al que se destina la mayor parte del procesamiento de plásticos en México es el envase, este rubro se estima abarca el 48% del total de plástico consumido; estos envases se pueden clasificar según utilidad que se les dé, por ejemplo: alimentos y bebidas, químicos, lubricantes, pinturas, limpiadores, cuidado personal y medicamentos. Por otro lado, el 23% de las empresas manufacturan plásticos de consumo general de baja especialización en muchos de los casos. El 11 % del mercado se destina a la manufactura de plásticos para la construcción (tuberías, materiales decorativos, películas, etc.). En la

Ilustración 1-2, se pueden observar el resto de las participaciones del mercado que complementan la totalidad de la manufactura del plástico, pero cabe resaltar que el mercado de consumo que más genera utilidad dado el alto grado de especialización en sus requerimientos es el automotriz, sin embargo, este mercado solo alcanza el 4% de participación del mercado.

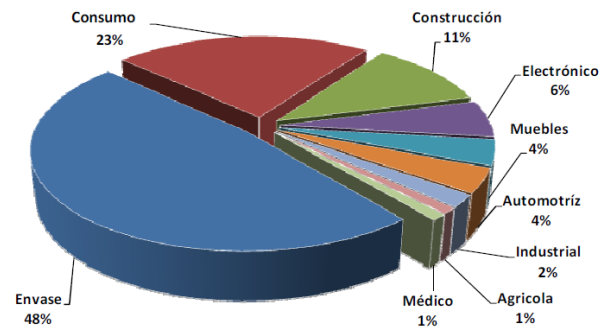


Ilustración 1-2 Clasificación por mercado de consumo. *Estudio de articulación de la cadena productiva de plásticos en el Estado de Puebla* (Fuente: Miranda et. al 2009).

También se observa en el “*Estudio de articulación de la cadena productiva de plásticos en el Estado de Puebla*”, algunos datos que nos hacen pensar en la necesidad de evaluar la interacción entre los eslabones de la Industria Plásticos, ya que dicho sector en México ha mostrado un crecimiento anual de consumo de envases de plástico y productos para el hogar, pero por otro lado, es recesivo el consumo de plástico en los mercados automotrices, línea blanca y equipo médico, mercados que como se mencionó anteriormente son de alta especialización, pero por otro lado de mayor utilidad. Estas bajas participaciones se deben a que el sector automotriz, línea blanca y equipo médico son un mercado muy exigente y preciso, el cual requiere de implementaciones de Sistemas de Calidad para garantizar la satisfacción del cliente.

Directamente proporcional a la baja participación en productos de alta especialidad en este sector, se relaciona que son muy pocas las empresas que generan productos con requerimientos muy precisos. Es así, solo el 5% de las Industrias de Plástico en el Estado de Puebla, son de tamaño grande (Miranda et. al 2009). Por lo que se desea que al estudiar y detectar los factores comunes internos o externos que influyan en la interacción de los eslabones de la cadena productiva ya antes mencionada. Ya que según Miranda et. al (2009), no se precisan estrategias de desarrollo de proveedores en el sector.

Segmentos Claves de la Cadena de Negocio

En la Ilustración 1-3, se muestran los segmentos clave de la cadena de negocio asociada al procesamiento de plástico, en donde se observa que la proveeduría requerida por las empresas transformadoras de plásticos instaladas en el estado es básicamente la resina. Además, se identifican en el estado dos compañías dedicadas a la distribución de resina virgen, sin embargo, estos proveedores: trabajan por pedido y no manejan un inventario local considerable de los diferentes tipos de resinas, por lo tanto, según este estudio, se limita a los transformadores en el estado a poder reaccionar sobre alguna eventualidad, o bien, a participar en algún proyecto que implique tiempos de respuesta cortos. Aunado a lo anterior, estos distribuidores ofertan una acotada serie de marcas de resinas. No se dispone de entidades de servicio / reparación de maquinaria de proceso, la cual en múltiples instancias se encuentra restringida a solo poder realizarse por el proveedor (Miranda et. al 2009).

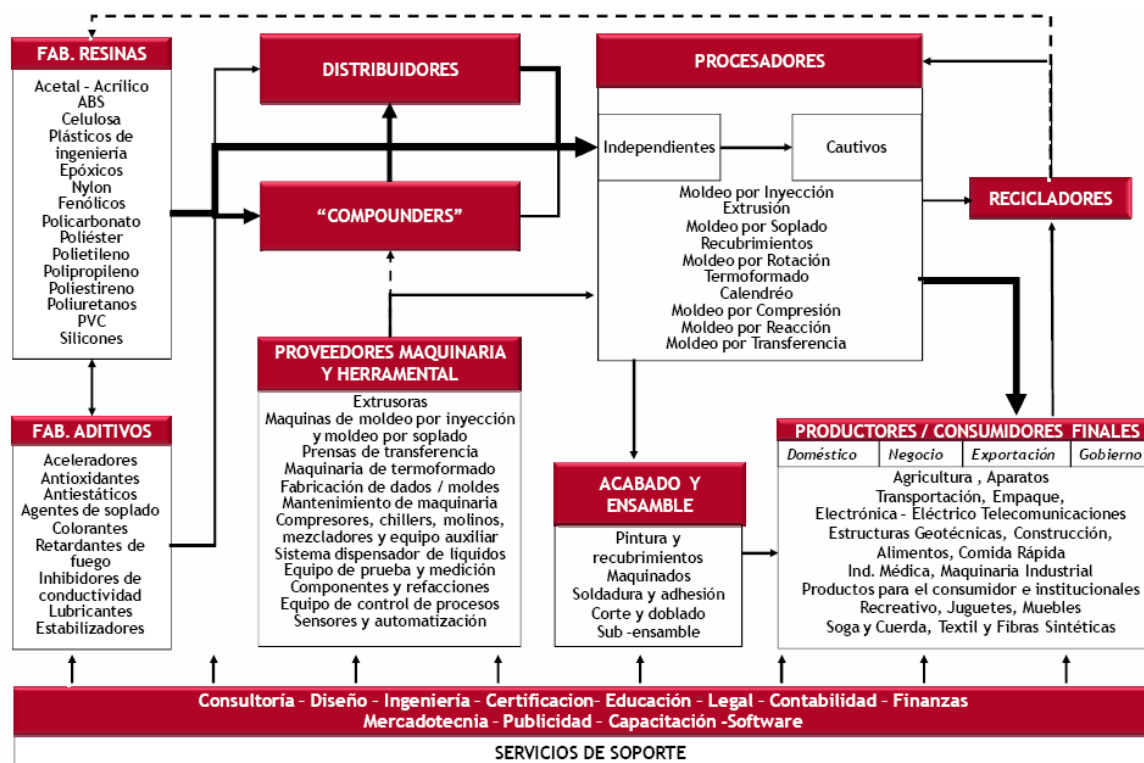


Ilustración 1-3 Segmentos Claves de la Cadena de Negocio y Soporte Asociado al Procesamiento de Plástico y Actividades de Soporte (Fuente: Miranda et. al 2009).

Tal como se mencionó anteriormente, los procesadores de plástico dependen de la distribución de resina abastecida directa o indirectamente del proveedor, además de diversos aditivos, maquinaria y herramental, pero según Miranda et. al (2009), no se

disponen de entidades de servicio o reparación de maquinaria de proceso específicos del plástico, es decir, máquinas de inyección, extrusión, soplado, rotación, termoformado, calendréo, moldeo por compresión, reacción y transferencia. Pero cabe aclarar que en este estudio la diversidad del proceso de producción es irrelevante, ya que solo se estudió la satisfacción logística, suponiendo que la calidad del producto esperado por el cliente se cumple.

Demanda de servicios especializados

La industria del plástico en Puebla cuenta con una significativa demanda de servicios especializados para brindar soporte adecuado para el óptimo funcionamiento de los procesos desarrollados (Ilustración 1-4). Según el estudio de articulación de la cadena productiva de plásticos del Estado de Puebla, presentado por Miranda et al. (2009), el servicio considerado de mayor importancia por múltiples empresas es el asociado con la logística, pues representa uno de los gastos indirectos de mayor impacto, lo anterior se debe primordialmente, según este estudio, al gran tamaño que en muchas ocasiones tienen las piezas de plástico, el cual implica subutilización de unidades en relación al peso-volumen. Los otros servicios demandados, pero en menor son la consultoría técnica, la capacitación, la metrología, los laboratorios de prueba, mantenimiento de la maquinaria y moldes

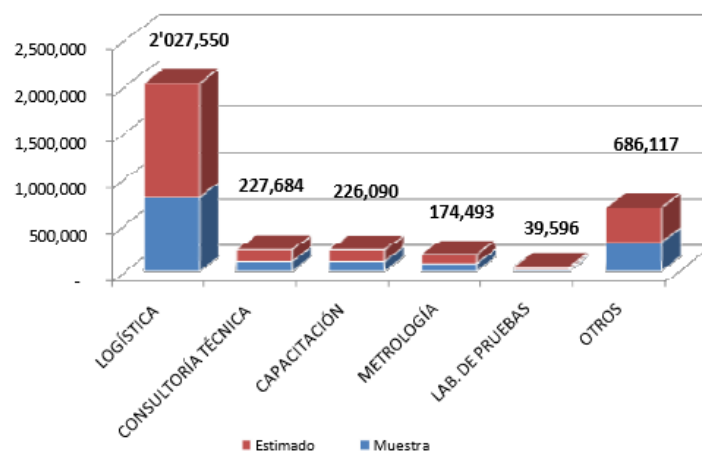


Ilustración 1-4 Demanda de servicios especializados (Fuente: Miranda et. al/ 2009).

Es por estas razones, que se detecta la necesidad de descubrir cuáles serían los factores que maximicen el desempeño entre los eslabones de la industria de plástico.

Justificación de la investigación

Dado que se detecta la necesidad de descubrir cuáles son los factores que maximicen el desempeño de los eslabones en la que interactúan en la cadena productiva del plástico, se consideran las siguientes razones:

En la actualidad hay escasez de información cuantitativa relativa a las métricas logísticas internas y externas que precisan un sistema de producción Justo a Tiempo, ya que en estos sistemas se debe entregar la cantidad precisa en el momento preciso, disminuyendo los inventarios a cero en las líneas de ensamble, es así que las industrias requieren de una confiabilidad en la entrega de sus proveedores, la cual debe ser medida internamente para garantizar el cumplimiento del servicio logístico esperado por el cliente.

Tampoco se conocen estudios específicos de la Industria del Plástico que dictaminen las métricas logísticas internas que se relacionen con el cumplimiento de la satisfacción del cliente, como pueden ser el atributo de fiabilidad para la entrega.

Como ya se mencionó anteriormente, este estudio permitirá determinar cuáles son los factores internos y externos, relacionados a los procesadores de plásticos y conocer el efecto en el nivel de satisfacción del servicio logístico proporcionado al cliente ensamblador.

Los trabajos de investigación que han evaluado la interacción entre los eslabones de las cadenas de suministros, incluyen solamente factores controlables, es decir, utilizan variables internas de la empresa que pueden controlar como tiempos de entrega, tiempos de manufactura, niveles de inventario, etc. Difícilmente se encuentran estudios que consideren la autovaloración del desempeño por el servicio logístico otorgado, o en su caso, consideran que los Backorders (pedidos pendientes) son difíciles de controlar.

Además, se podrá conocer en mayor medida el comportamiento de las variables que se relacionan con los problemas más frecuentes en el área logística de proveedores, como por ejemplo, comparar el efecto de la falta de abastecimiento de resinas nacionales contra otras causas que afecten el desempeño logístico.

Otro problema muy frecuente en cualquier organización es la multitud de métricas logísticas utilizadas para evaluar el comportamiento de sus operaciones logísticas; muchas de estas mediciones, son en ocasiones irrelevantes a la satisfacción del cliente del siguiente eslabón de la CS (Cadena de Suministro); es decir, se miden para justificar que se ha hecho bien una operación, pero no son suficiente para medir el impacto de la satisfacción del cliente externo. Ya que las compañías son más aptas para medir los costos, que el servicio proporcionado (Novack & Thomas, 2004). Es aquí, en donde se ve la necesidad de determinar cuáles factores internos que se alinean a las métricas de interfaz externas.

Objetivos de investigación

Objetivo general

- Analizar los factores comunes internos y externos que ocasionan dificultades para cumplir con las entregas a tiempo de pedidos de los clientes, en la Industria de Transformación de Plástico (ITP) de una localidad.

Objetivos específicos

- Distinguir las métricas relevantes de la satisfacción del servicio logístico otorgado a los clientes.
- Identificar los factores Internos y externos que intervienen en el buen desempeño logístico.
- Encontrar las causas de la variabilidad en la medición del desempeño de la entrega de órdenes a los clientes.
- Diseñar un instrumento de recolección de información que indague en las variables que participan en las entregas a tiempo.
- Encontrar la herramienta estadística adecuada para el Análisis de Factores que determina las variables que más afectan a las entregas a tiempo.
- Utilizar el software estadístico para el análisis de factores.
- Redactar un análisis de los factores críticos encontrados.

Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son las métricas en un sistema logístico de una ITP?
2. ¿Cómo se clasifican y calculan estas métricas?
3. ¿Cuál es la métrica más importante para garantizar el servicio logístico?
4. ¿Cómo recolectar la información de cada métrica?
5. ¿Cómo identificar los factores o causas y el efecto que ocasionan variación en el desempeño de los eslabones más importantes de la CS de la ITCP?
6. ¿Cómo convertir las métricas logísticas en escalas de comparación medibles?
7. ¿Cuál es la herramienta estadística adecuada para comparar el desempeño logístico en un sector?
8. ¿Cómo medir las causas que ocasionan dificultades logísticas?

Hipótesis

A continuación se muestran las hipótesis planteadas, desglosando según los factores externos e internos detectados en la investigación de campo realizada en algunas Industrias de Plástico (IP) de una localidad.

Factores externos

Existen diferentes factores externos que influyen en el cumplimiento de las entregas a tiempo, pero este estudio solo se consideró las actividades logísticas directamente relacionadas con las entregas de pedidos a los clientes. La primera variable relacionada es el tipo de material que necesita en el momento exacto para procesar los productos y los materiales requeridos para el empaque y embalaje. El segundo factor externo tiene que ver con diferentes irregularidades que presentan los proveedores al momento de cumplir con el abastecimiento.

Primera hipótesis

Ho: Tipos materiales utilizados por las IP, no son causas comunes externas que dificulten las entregas a tiempo

Ha: Tipos materiales utilizados por las IP, son causas comunes externas que dificulten las entregas a tiempo

Segunda hipótesis

Ho: No existen contratiempos externos comunes ocasionados por los proveedores en las entregas a tiempo en la IP.

Ha: Existen contratiempos externos comunes ocasionados por los proveedores en las entregas a tiempo en la IP.

Factores internos

Como factores internos se consideran las dos áreas principales que se relacionan con la actividad logística de la entrega, estas son la producción y la misma área de logística.

Tercera hipótesis

Ho: No existen causas comunes internas originadas en el área de producción y logística que dificulten las entregas a tiempo en la ITP.

Ha: Existen causas comunes internas originadas en el área de producción y logística que dificulten las entregas a tiempo en la ITP.

Alcances y limitaciones del proyecto

El alcance de este estudio destaca lo relativo al eslabón de la cadena asociado al procesamiento de resinas y su cliente directo en una localidad. El alcance será el análisis de las entregas a tiempo y las causas que ocasionan el incumplimiento, utilizando diversas técnicas estadísticas para encontrar lo común en este sector.

El éxito de esta investigación dependerá de la capacidad de respuesta de los involucrados, por lo cual se diseñara un método adecuado para obtener, registrar, evaluar la información y reconocer los factores y las causas que afectan el buen desempeño de las métricas más importantes de la CS, introduciéndose en el funcionamiento del enlace de los eslabones seleccionados de la cadena

Viabilidad de la investigación

Primeramente es necesario entender las limitantes del sector que afectan el desempeño logístico. Posteriormente, al identificar cuantitativamente estas limitantes se puede encontrar estrategias para la mejora. Pero el área educativa del conocimiento logístico requiere sustentar a través de diagnósticos, las necesidades específicas que deben cubrir. Es aquí donde este estudio permitirá generar conocimiento a través del análisis estadístico de un sector productivo.

Sin embargo, las necesidades logísticas del sector plástico pueden estar divididas o no, según el tipo de especialización de los productos que se manufacturan. Es así que esta investigación pretende encontrar causas comunes que afecten el desempeño de las entregas a tiempo.

Capítulo 2 - Estado del Arte

Introducción

En este capítulo se presenta un resumen de las diversas alternativas bibliográficas conocidas hasta hoy para la medición del desempeño logístico, así como las diferentes métricas y clasificaciones que se han publicado para medir el desempeño de las cadenas de suministros y sus actividades logísticas. Posteriormente, dada la gran diversidad de métricas encontradas y la escasez de estructuras para iniciar la aplicación de métricas, se presenta una propuesta interesante que permitirá a cualquier organización medir su propio desempeño logístico. Subsecuente a la propuesta de aplicación se presenta una revisión de la literatura de las técnicas estadísticas que utilizan métricas logísticas para evaluar el desempeño. Finalmente, se indaga en publicaciones que retoman las métricas del tiempo de entrega y las entregas a tiempo, así como la relación de estas métricas dentro de una industria de transformación.

A continuación se presenta una revisión a la literatura para responder a las preguntas iniciales guías sobre la medición del desempeño logístico, recordemos que algunas de ellas son: ¿Cuál es la métrica más importante? ¿Qué se ha medido? ¿Cómo se ha medido? ¿Qué no se ha medido? ¿Cuál es la herramienta adecuada para lo que no se ha medido?

Revisión de la literatura de la medición del desempeño

Desde hace dos décadas, las organizaciones han comenzado a considerar el concepto de cadena de suministro para obtener una ventaja competitiva. Unos autores mencionan que el desempeño de la cadena de suministro es un tema de mucha importancia en las organizaciones hoy en día, además también dicen que ha habido mucha actividad en los círculos académicos e industriales destinados a la generación de mejoras en este ámbito (Knowles, Whicker, Heraldez, y Del campo 2005). Igualmente, es reconocido que ha habido muchos esfuerzos sobre diversos aspectos y áreas de la Cadena de Suministro (CS), (Gunasekaran, Patel, y Tirtiroglu 2001), pero hasta hace poco se ha prestado atención al desempeño, y sus métricas correspondientes.

En años recientes se ha tenido la necesidad de desarrollar sistemas eficaces de medición del desempeño de la cadena de suministro (Knowles et al. 2005). Pero antes de establecer un sistema de medición, es necesario conocer las clasificaciones que se le han dado a las métricas logísticas y determinar cuál es la más adecuada para medir el desempeño de determinada CS.

La métrica logística más importante

Al tratar de seleccionar las métricas mas importantes que deberán contener el modelo que se pretende establecer para el sector antes mencionados, se trató de determinar cuales eran las métricas mas importantes para las organizaciones y algunos autores nos mencionan que debemos tener en cuenta que al tratar de reducir costos, las organizaciones son más expertas en medir los costos, por lo que Novack, Langley, y Rinehan (1995), mencionan que “las organizaciones son más aptas para medir sus costos, que el servicio proporcionado”. Por lo que se espera que nos encontremos con la practica de identificación de costos, como actividad mas frecuente relacionada a la medición de servicio logístico.

Mentzer, Flint, y Kent (1999), presentan una escala para la calidad del servicio logístico, en donde intentan desarrollar una metodología que permite a las compañías cuantificar la percepción del cliente de la calidad del servicio logístico y así identificar áreas con necesidades de mejoras.

Cooke (2001), se pregunta quien debe medir el rendimiento, y declara el valor de la medición. Tambien cuestiona que los objetivos internos de la compañía pueden estar fallando con las expectativas de los clientes y que las industrias están usando la logística para cambiar sus relaciones con los clientes. Respecto al valor, menciona este autor que es determinado por la persona quien compra los productos y si se comienza a direccionar los problemas del negocio, proveeremos el mas grande valor para nuestros clientes y mejoraremos el servicio. Así, al cambiar la naturaleza de las relaciones, esas relaciones traerán más rentabilidad para ambas partes. Por otro lado, dice que el mas grande impedimento para adoptar en enfoque externo de medición es quizá el actual sistema de recompensas y se debe *buscar fuera de la organización la conexión* de la cadena. Este autor es el pionero en mencionar el concepto de Orden Perfecta nombrada así por Welch Foods Inc., donde se define a la Orden Perfecta como la “Cantidad correcta de producto correcto entregado a tiempo, en condiciones libres de daños con una exactitud en la factura”.

Se debe tener cuidado al medir el desempeño logístico, ya que según Novack & Thomas (2004), la percepción del cliente del desempeño logístico es diferente del que esta proporcionando el servicio, ellos mencionan un conjunto de métricas que satisfacen las expectativas de los clientes definidas como “Ordenes Perfectas”. Estos autores tambien nos dice que la medición del servicio logístico ha evolucionado de un enfoque en mediciones individuales de funcionalidad orientadas a costos de distribución (Enfoque interno) a mediciones múltiples de procesos orientados a costo logístico y salida del servicio (Enfoque externo), en donde el siguiente paso de la evolución de la medición del desempeño es el concepto de “Orden Perfecta”, presentado anteriormente por Cooke (2001).

Es así que para identificar la importancia que perciben los clientes sobre ciertos criterios tradicionales (económico, logístico, calidad) y emergentes (flexibilidad y sustentabilidad) para la selección de proveedores, se realizó un estudio comparativo que mostrara la importancia de las métricas relacionadas con estos criterios según la perspectiva de seleccionador de proveedores. El lector podrá profundizar este estudio en el anexo 1.

Desafíos de las métricas del servicio logístico

Para definir las métricas más importantes en una determinada Cadena de Suministros, se debe considerar que se enfrentará a algunas cuestiones al tratar de seleccionar la métrica correcta. Novack & Thomas (2004), nos mencionan algunos retos de una Orden Perfecta que podrían ser:

1. *Decidir cuales elementos incluyen la orden perfecta*, ya que son diferentes entre cliente y cliente.
2. *Orden perfecta interna vs. Orden perfecta externa*, y conocer la reacción del cliente en algún cambio de la orden.
3. *Impacto de la sustitución /Backorder en Order Fill*, en el caso de que el inventario no alcance para llenar la orden, se ofrece sustitución de productos.
4. *Impacto de los requerimientos del comprador*: fecha acordada de entrega / on-time delivery, cuando hay cambios de fechas o el tiempo de entrega no se ajusta a la fecha requerida.
5. *Enlazar el apropiado sistema de información a la orden de compra*, debe haber 4 sistemas: administración de la orden, inventario, transporte, cuentas por cobrar y legal.
6. El Reto de las variables rezagadas, esto depende de cuando en cuando y *que tan seguido se calcula cada métrica* y cuando la compañía envidadora recibe información de la calidad del servicio.
7. Impacto o correlación entre mediciones de la Orden Perfecta.

Respecto a la medición del servicio, Ballou (2004), menciona que existen dos problemas potenciales en las mediciones del servicio logístico:

- 1) Las mediciones se encuentran orientadas en forma interna a la empresa, tal vez porque la información está mas disponible y el control es más fácil; las mediciones no promueven la coordinación que es esencial para un buen desempeño del servicio a cliente que incluye a múltiples miembros del canal; y nos vuelve a mencionar que todavía quedan por desarrollar mediciones adecuadas de servicio orientadas externamente.

2) Las mediciones pueden no estar enfocadas a las necesidades de los clientes; ya que las empresas miden el servicio al cliente en términos de aquellos elementos bajo su control directo; los clientes pueden observar que el servicio no incluye todos los factores de servicio importantes para ellos.

Otro trabajo que nos menciona más dificultades, es el de Pullim (2002), citado en Knowles et al. (2005), quien considera que el desempeño de la cadena tiene variaciones, debido a causas como: fluctuaciones de la demanda, la calidad y cantidades de entregas de proveedores y las inconsistencias del equipo de trabajo. Por otro lado los efectos de la variación en la entrega de ordenes se pueden ver en cosas tales como los tiempos de entrega, tasas de entregas inmediatas, las entregas a tiempo, los inventarios, según Lambert & Pohlen (2001) citados también en Knowles et al. (2005), así como en los pronósticos y los precios.

La indagación a la literatura correspondiente, recopila algunas métricas utilizadas para medir el desempeño de la Logística y la Cadena de Suministros, derivado de esta exploración, en el anexo 2, se presenta una publicación.

Clasificación de métricas

Diversos autores mostrados en la Tabla 2-1 han clasificado y definido la gran diversidad de métricas relacionadas con las actividades de abastecimiento, logística y sustentabilidad (Bask & Kuula 2011; Beamon 1999; Chan 2003; Gunasekaran et al. 2001; Gunasekaran, Patel, y McGaughey 2004; Harding 1998; Hassini, Surti, & Searcy 2012; Lambert & Pohlen 2001; Neely, Gregory & Platts 1995). De los autores anteriores se destaca lo siguiente: Neely et al. (1995) referido por Gunasekaran et al. (2004), provee categorías para la medición del desempeño incluyendo el tiempo, la calidad, la flexibilidad y el costo. Más tarde, Harding (1998), citado por Novack & Thomas (2004), construye una matriz de medición del desempeño logístico usando tres áreas de importancia: Importancia al cliente, Desempeño de la compañía y Mejora costo/tiempo; en esta clasificación la idea fue dejar a las compañías que identificaran esas áreas de desempeño logístico donde debían mejorar, mientras los elementos costo/tiempo fueron recursos que se necesitan gastar para mejorar el servicio.

En 1999, Beamon, define que los objetivos estratégicos, involucran elementos clave que incluyen la medición de los recursos, la producción y la flexibilidad. Las métricas de los recursos (costo) y métricas de salida (satisfacción del cliente) han sido ampliamente utilizados en los modelos de cadena de suministro. Por lo tanto, según Beamon, una cadena de suministro del sistema de medición debe poner énfasis en tres tipos distintos de métricas: métricas desempeño de los recursos (R, alto nivel de eficiencia), las métricas de salida (O), y las métricas de flexibilidad (F). Cada uno de estos tres tipos de medidas de rendimiento tiene diferentes objetivos

Subsecuentemente, Lambert & Pohlen (2001), proveen una estructura que se enfoca en la relación de los clientes y los procesos de gestión de relacionados con los proveedores. Pero, argumentan que muchas mediciones son identificadas como métricas de la cadena de suministro, pero realmente son operaciones logísticas internas, que de alguna manera hacen que sean importantes para toda la cadena de suministro.

Gunasekaran et al. 2001, las métricas descritas en su estructura se clasifican en los niveles de gestión estratégico, táctico y operativo, con el fin de asignar las métricas en donde puedan ser mejor manejados según su nivel de gestión.

Chan (2003) utiliza la técnica de AHP (Analytic Hierarchic Process) para priorizar el desempeño e identifica siete atributos importantes de medición para el desempeño de la CS, agrupados en dos criterios: cuantitativos y cualitativos. Los cuantitativos son los costos (distribución, manufactura, inventario, almacén, incentivos, intangibles, generales) y la utilización de recursos (laborales, máquina, capacidad y energía). Y los cualitativos son cualidad (tiempo de insatisfacción, respuesta y entrega, entrega a tiempo, entrega inmediata y probabilidad de desabasto), la Flexibilidad (en la entrada, el proceso, la salida y la mejora), la visibilidad (en el tiempo y la exactitud), la confianza (consistencia en los retrasos o productos entregados equivocados) y la innovación (nuevos productos lanzados y uso de nuevas tecnologías).

Bhagwat & Sharma (2007), proponen una aplicación basada en el Balanced Scorecard para organizaciones con objetivos de evaluar el desempeño del negocio día a día, según la perspectiva del cliente (por ejemplo, fiabilidad de la entrega, tiempo de la consulta del cliente, tiempo de entrega de la orden, flexibilidad del sistema de servicio, desempeño de la entrega, respuesta a pedidos urgentes, información de los costos de manejo, calidad de la documentación de la entrega, calidad de los productos entregados y entregas libres de datos, etc.); la perspectiva del negocio interno (tiempo de ciclo total, flujo de efectivo, flexibilidad del sistema, tiempo de entrega del proveedor, entregas del proveedor libre de defectos, exactitud de las técnicas de pronósticos, tiempo de ciclo de la orden de compra y del proceso de planeación, efectividad del programa maestro de producción, utilización de la capacidad, costos de inventario); la perspectiva de la innovación y el aprendizaje (asistencia del proveedor para solucionar problemas, habilidad del proveedor de responder a problemas de calidad, iniciativas del proveedor para ahorrar costos, capacidad de utilización, métodos de entrada de órdenes, nivel de relación con los vendedores-proveedores, rango de productos y servicios y nivel percibido del cliente del valor del producto). Y por último, las métricas del desempeño desde la perspectiva financiera (utilidades netas vs. tasa de productividad, % de retorno de la inversión, variaciones del presupuesto, nivel de asociación de comprador-proveedor, costo por hora operacional, información de costos de manejo y porcentaje de rechazo de proveedor).

Tabla 2-1 Revisión de la Literatura de Clasificación de Métricas para la Medición del Desempeño Logístico

<i>Tópico tratado</i>	<i>Criterios estudiados</i>	<i>Referencia</i>
Estructura de criterios para el diseño de la medición del desempeño	Categorías de medición	Neely et al. 1997
Áreas de importancia: cliente, compañía y mejora en costo/tiempo	Varios/productividad	Harding (1998), citado por Novack & Thomas (2004)
Clasificación de medidas desempeño logísticas según los recursos, la salida y la flexibilidad	Recursos, Salida y Flexibilidad	Beamon 1999
Extrae de la Gestión de Relaciones con Clientes (CRM) y de la Gestión de Relación con los proveedores (SRM), indicadores para mejorar la interconexión de los eslabones de la CS	Interacción entre eslabones de la CS	Lambert & Pohlen 2001
Identificación de métrica según los eslabones de la cadena: Planear, abastecer, hacer, entregar y las clasifica según los niveles de gestión estratégico, táctico y operativo	Niveles: estratégicos, táctico y operativos	Gunasekaran et al. 2001
Clasificación de métricas a través del Proceso Analítico Jerárquico en industrias electrónicas	Costos, recursos, calidad, flexibilidad, visibilidad, confianza, innovación	Chan 2003
Estructura para la medición del desempeño basado en el balanced scorecard	Perspectiva del cliente, financieras, negocio interno e innovación y aprendizaje	Bhagwat & Sharma 2007
Caso Nokia del nivel de sustentabilidad basado en: diseño del producto, abastecimiento y manejo de fin de vida del producto	Métricas logísticas para el retorno sustentable	Bask & Kuula 2011
Caso de estudio sobre métricas de la cadena de suministro sustentable	Métricas logísticas sustentables	Hassini et al. 2012
Estructura evolutiva para aplicación de métricas logísticas	Confiabilidad, recursos, flexibilidad, responsabilidad	Reyes & Bernábe 2014
Métricas logísticas relacionadas con las dimensiones de la sustentabilidad: económico, social y ambiental	Métricas logísticas sustentables	Reyes, Duque & Flores 2013
Métricas para el enverdecimiento de cada uno de los eslabones de la cadena de suministro	Métricas verdes para la toda la CS	Reyes, Arenas & Arroyo 2015

En esta tabla se muestra la revisión a la literatura que sustentaron los objetivos iniciales de este estudio, también muestra las propuestas previas relacionadas con la medición del desempeño logístico y su evolución.

Mediante el uso de un modelo de madurez, Bask & Kuula (2011) evaluó el nivel de uso de los indicadores propuestos y así identificó posibles áreas de mejora y las prioridades con

más detalle. Estos niveles se basan en el diseño del producto, abastecimiento sustentable, y el manejo de fin de vida. Por otro lado Hassini, Surti & Searcy (2012), mencionan que existen factores en la cadena de suministro sustentable como por ejemplo, las fuerzas del mercado, las políticas y regulaciones, la ciencia y tecnología, el desarrollo de productos, la capacidad de los procesos, las operaciones y el abastecimiento, la logística y el transporte la mercadotecnia y cuestiones sociales. Retoma los indicadores del Global Reporting Initiative (2006) "Sustainability Reporting Guidelines" el cual es guía para la evaluación de Empresas Socialmente Responsables, el cual también considera las dimensiones sociales, económicas y ambientales. Pero cabe destacar que esta guía es muy limitada y solo es una propuesta para premiar a las mejores prácticas y no un documento legal que obligue a las organizaciones a cuidar el impacto ambiental del manejo de fin de vida de sus productos.

Pero a pesar de que existen en la literatura un gran diversidad de estructuras de métricas para medir el desempeño logístico, solo existen pocas estructuras que estén orientadas a una fácil aplicación, es así que Reyes & Bernábe (2014) proponen una estructura que permite a las organizaciones autoevaluar su desempeño, priorizando las métricas de forma escalonada. Esta estructura permite evolucionar la aplicación de métricas ya que inicia con métricas que miden la confiabilidad, posteriormente la utilización de recursos, la flexibilidad y finalmente la responsabilidad sustentable. Este modelo puede profundizarse en el artículo publicado (anexo 2), el cual previamente fue presentado en un Congreso Internacional y recibió Premio de Investigación Sobresaliente (ORA, por sus siglas en inglés, *Outstanding Research Award*), ver anexos 3 y 4.

Otras propuestas que extienden ampliamente las métricas relativas a la sustentabilidad o el enverdecimiento de la cadena de suministro en cada uno de sus eslabones, es propuesto por Reyes, Duque & Flores en el año 2013 (anexo 5), mismo que fue ampliado por Reyes, Mitre & Arroyo (2014) y será publicado como capítulo de libro en colaboración con el Tecnológico de Monterrey y los Editores Plaza & Valdés (ver anexo 6). Además, esta propuesta para la medición del enverdecimiento de la Cadena de Suministro (CS) ya se ha estado difundiendo entre la comunidad estudiantil, con la finalidad de sembrar en estas nuevas generaciones que la solución para mejorar el cuidado del medio ambiente depende de las decisiones que tomen los administradores de las CS (ver anexo 7).

Después de la identificación de métricas logísticas en la literatura, se indagó en las técnicas estadísticas utilizadas para el análisis de dichas métricas, es así que en el siguiente apartado se presenta una revisión de la literatura de herramientas Six Sigma aplicadas para medir el desempeño logístico, ya que la metodología Six Sigma, no solo es un conjunto de técnicas estadísticas, sino que además, orienta a la detección de mejoras, de una forma cualitativa a cualitativa, a través de la reducción de la variación. Esta revisión cabe destacar que fue presentada en el Congreso Internacional de Logística y Cadena de Suministro - CiLOG 2013.

Revisión de literatura de herramientas Six Sigma aplicadas en la medición del desempeño logístico

Tradicionalmente se han utilizado la metodología Six Sigma (SS) para mejorar los procesos de producción reduciendo la variación de las mediciones hechas a cualquier característica física o cualitativa de los productos; sin embargo, existen algunos estudios recientes que han aplicado herramientas de esta metodología en actividades logísticas con la idea de medir el desempeño de las operaciones de la cadena de suministro. Ya que se ha dicho “Ninguna medición, ninguna mejora” (Kaplan 1990), en otras palabras, no puede haber mejora, si no hay medición. La motivación de este estudio se debe precisamente a que estamos convencidos que para encontrar una mejora, es necesario primero hacer una medición del desempeño, y la metodología Six Sigma propone una estructura que se basa en la medición cuantitativa para la toma de decisiones.

La medición del desempeño logístico es esencial para administrar eficientemente una cadena de suministro y además permite controlar y establecer metas; pero el reto real de los administradores, es identificar y aplicar entre la gran variedad de procedimientos matemáticos disponibles, los que le permitirán estudiar el comportamiento de sus actividades logísticas y así lograr la mejora en sus operaciones. Ahora la pregunta es si las herramientas estadísticas Six Sigma permiten evaluar el desempeño de las cadenas de suministro ya que existe una gran variedad de estudios que han clasificado la gran diversidad de métricas logísticas, pero pocos estudios han demostrado cuales son las herramientas cuantitativas y cualitativas para recolección y procesamiento de la información.

En esta sección se intenta determinar cuáles son las herramientas cualitativas y cuantitativas de la metodología SS que han sido aplicadas para evaluar el desempeño logístico. La revisión de la literatura indica que es limitado el número de artículos que tratan sobre el uso de herramientas SS para la mejora de las cadenas de suministro y sus actividades logísticas, ya que esta metodología solo tiene algunas décadas de haberse creado y tradicionalmente se ha utilizado para el mejoramiento de los procesos productivos. Sin embargo, también se encontramos varios estudios que se mencionarán posteriormente, cuyas investigaciones desarrollaron los pasos del Diseño de Experimentos con técnicas estadísticas, mismos que también pertenecen al grupo de herramientas SS.

Esta revisión es de gran utilidad para los profesionales logísticos ya que les permite identificar los métodos aplicados a ciertas métricas logísticas, y descubre que las herramientas SS permiten lograr una evaluación de las operaciones logísticas. A continuación, se describe porque se desea estimular más la aplicación de dicha metodología en las actividades logísticas, ya que muchas personas incrédulas desconocen la factibilidad de la aplicación de este método en este campo de estudio. Estamos convencidos que al terminar la lectura de esta sección, el lector comprenderá que las

herramientas mencionadas son una buena opción para obtener mejoras en el área logística y a su vez obtener una ventaja competitiva.

La estructura inicia con una descripción breve de las fases y su relación con la filosofía "Lean". Otra sección para una exploración de publicaciones que han aplicado el Six Sigma en su Cadena de Suministro. Seguido, por dos matrices de identificación de herramientas cuantitativas SS, relacionadas con métricas logísticas aplicadas en el campo laboral y finalmente, una discusión de los factores claves que podrían apoyar su éxito o fracaso de una medición del desempeño SS.

Metodología Six Sigma y sus fases

Six Sigma es una metodología que intenta entender y eliminar los efectos negativos de la variación en sus procesos basado en una infraestructura de entrenamiento profesional llamada Black Belt, los cuales tratan de lograr la "Calidad Six Sigma", con una referencia estadística de 3.4 defectos por millón de oportunidades (Goldsby & Martichenko 2005). Este conjunto de métodos de mejora de procesos fue desarrollada por Motorola en los 1980s (Wang, Du & Li 2004) la cual tiene la siguiente secuencia de actividades: Definir, Medir, Analizar, Mejora y Control (DMAMC).

Esta serie de pasos permiten entender y mejorar cualquier situación problemática que desee mejorar una organización, a través de diversas herramientas cualitativas y cuantitativas para su análisis.

Filosofía Lean y el Six Sigma

Es importante resaltar que la metodología Six Sigma está últimamente muy relacionada con la Filosofía "Lean", traducida al español es "sin grasa" o "esbelta", es decir, Lean trata la eliminación de los excesos o los desperdicios y el aumento de la velocidad y flujo en todos los procesos. En un profundo trabajo de investigación (Goldsby & Martichenko 2005), sobresalen los residuos generados en la cadena de suministro, además, se puede encontrar que junto con el exceso de inventario, existen otras seis posibles fuentes de desperdicios en la logística: transporte, espacio e instalaciones, tiempo, empaque, administración y el conocimiento.

El Instituto Lean Six Sigma (2011), dice que Logística Lean es sobre la entrega de los materiales y productos necesarios, exactamente cuándo se necesitan, y en la cantidad exacta necesaria para los clientes internos o externos. Al mismo tiempo, se centra en la eliminación del desperdicio de los procesos de logística, sin arriesgar las entregas a tiempo. Además este Instituto promueve en sus programas de entrenamiento una adecuación de la Metodología Six Sigma en las áreas logísticas. En las dos primeras fases de Definir y Medir, la recomendación es como en cualquier proyecto Six Sigma, pero en la tercera etapa de Analizar, se observa en la Tabla 2-2, que específicamente recomiendan

Analizar: la gestión del inventario, la variación de la demanda, los procesos de recepción y entrega, las limitaciones de la logística, los desperdicios y la variación y finalmente los costos de la transacción. Posteriormente, especifica Mejorar el flujo de materiales que entran al almacén, mejorar la gestión del almacén, mejorar las entregas y mejorar el programa de mantenimiento de la flotilla de distribución. En la última fase, recomienda controlar el flujo y tiempos de entrega a través de la estandarización y sistemas a prueba de error, conocidos también como Poka Yoke.

Métricas logísticas con estudios de variabilidad

El concepto de la reducción de la variación es de suma importancia para la logística, ya que la logística es sobre la gestión de inventario y gestión de inventario consiste en gestionar la varianza del nivel de inventario. Si el personal logístico, es capaz de comprender y controlar la variación desde el proveedor, el proceso y el cliente, entonces serán capaces de reducir la dependencia de los buffers dramáticamente (Goldsby & Martichenko 2005). Sin embargo, tenemos que aunque se ha estudiado la disminución del desperdicio, poco se analizado la variabilidad en la cadena de suministros (Knowle et al. 2005). Esta variabilidad en el “Lead Time” de Producción (tiempo de entrega), es la mayor causante de retrasos en el proceso de llenado de órdenes (Kumar, McCreary & Nottestad 2011).

Tabla 2-2 Adecuación de Lean Six Sigma en la Logística (Fuente: ILSS, 2011)

<i>Fase Six Sigma</i>	<i>Actividades</i>
Definir el proyecto y proceso	A. Documentar el proyecto B. Seleccione el equipo C. Defina la demanda y CTQs
Asignación de servicios y Información	A. Mapa del estado actual de la logística B. Mediciones logística C. Lead time y las operaciones logísticas
Analizar	A. La gestión del inventario B. Variación de la demanda C. Los procesos de recepción y entrega D. Limitaciones logísticas E. Desperdicios y la variación F. Costos de transacción
Mejorar el flujo y eliminar el desperdicio	A. Materiales que entren al almacenamiento B. Gestión ágil de almacén C. Entregas ágiles y precisas D. Mantenimiento de la flota
Control de flujo y plazo de entrega	A. Trabajo estandarizado B. A prueba de error

En esta tabla, el LSSI, propone una secuencia de actividades específicas para la gestión logística. Finalmente, siguieren la herramienta Poka Yoke, para evitar las redundancias.

Por otro lado, la medición del servicio logístico proporcionado al cliente, solo se ha enfocado a la relación de las métricas: Nivel de inventario vs. Fill Rate (Cumplimiento de llenado de ordenes) reflejado como el Indicador de Servicio al Cliente (Customer Service Indicator); este indicador puede ser medido como el Número de Ordenes llenadas inmediatamente del stock, entre el número de ordenes totales (Kumar et al. 2011). Pero esta métrica encuentra problemas cuando los niveles de inventario no son suficientes, cuando aumenta la demanda, ya que el servicio al cliente baja. Por lo que este estudio no podría ser aplicado en sistemas Justo a Tiempo, que requieren nivel de inventario cero, tal y como pretende operar las industrias proveedoras de componentes, a algunas industrias ensambladoras automotrices. Es aquí donde se considera la necesidad de un modelo que incluya variables controlables y no controlables como la variación de la demanda o la variabilidad de los tiempos de entrega de producción.

Los Tiempos de Entrega (Lead Time) de los procesos individuales de la cadena y la variabilidad en los tiempos de entrega, son factores determinantes del desempeño de la entrega y el final de la red de la cadena de suministros (Garg et al. 2003). No obstante, aunque se espere que compartir información entre los eslabones de la cadena, los beneficios como reducir los niveles de inventario cesan cuando los tiempos de entrega en la Cadena, son muy largos. Por lo que se recomienda que la medición sea adoptada para reducir los tiempos de entrega, antes de compartir la información en toda la cadena (Dev et al. 2008).

El corazón de Seis Sigma es la reducción de la variación, y esta puede ser aplicada no solo a operaciones productivas, sino también a las actividades logísticas, por ejemplo, un promedio de tiempo de ciclo de la orden, es de 5 días, esto quizá refleje una variación entre dos u ocho días, por lo tanto, esta variación puede conducir a la falta de confianza del cliente, a la acumulación de inventarios o a la pérdida de ventas (Goldsby & Martichenko 2005), sin olvidar la carambola en el aumento del nivel de inventario a través de los escalones de la Cadena de Suministro conocido como Efecto Forrester o Efecto Látigo. Este efecto es descrito también como el fenómeno de amplificación de variabilidad de la demanda cuando se va alejando el cliente del proveedor a través de la cadena de suministro (Cho & Lee 2007).

Recordemos ahora que el Six Sigma es un enfoque lógico y sistemático para lograr mejora continua en los procesos, es así que una de las empresas que han implementado herramientas Six Sigma a sus Cadenas de Suministro, es General Electric, quien adoptó la metodología para especificar las necesidades de sus clientes y diseñar un sistema para mejorar sus productos; Otra empresa llamada Dupont, combina principios SS con el Modelo SCOR (planear, proveer, hacer, entregar y regresar) y también utilizaron la herramienta QFD (Despliegue de Función de Calidad, por sus siglas en inglés) la cual convierte los requerimientos de los clientes en procesos o servicios; La compañía

Honeywell, utiliza la metodología Lean-Six Sigma, así como el Value Stream Map y Process Map (Yang, Choi, Park, Suh & Chae 2007).

Recientemente, algunos investigadores han tratado de extender la metodología Six Sigma más allá de sus organizaciones, compartiendo con sus proveedores las herramientas Lean (Esbelto) aplicadas a sus organizaciones o bien, realizando estudios integrales en los diversos eslabones de la cadena (Garg et al. 2003). El impacto de "Lean" en la logística es significativo, ya que la meta de la filosofía Lean es eliminar el desperdicio, decremento del inventario de trabajo en proceso y a la inversa, incrementar la velocidad y el flujo de la cadena de suministro (Goldsby & Martichenko 2005).

Algunos de los pioneros trataron de demostrar que el diseño de la llamada Six Sigma Supply Chain (Cadenas de Suministros Six Sigma) pueden ser expresadas en una forma natural como un problema de programación matemática (Garg et al. 2003). Estos autores formulan un problema de Diseño Six Sigma, en donde asignan variabilidad en los lead time (plazos de entrega) de las etapas individuales, a fin de lograr Entregas con Desempeño Seis Sigma (Six Sigma Delivery Performance). También muestra un Problema de Optimización de Inventario (IOPT), tratando de reducir la variabilidad del nivel de inventario en los diferentes escalones de la cadena de suministros para mejorar el nivel de servicio logístico, soportado con Entregas con Desempeño Seis sigma Las herramientas utilizadas por estos autores son: los Índices de Capacidad de Proceso Cp, Cpk, Cpm y la Distribución Poisson.

Las métricas Six Sigma para medir y mejorar el desempeño de las Cadenas de Suministro utilizó la herramienta Rendimiento de un Proceso conocida como (Rolled Troughtpu Yiel, YRT), en donde el rendimiento tradicional de un proceso se obtiene dividiendo el número de piezas que entran entre el número de piezas son producidas de acuerdo a especificaciones, luego se calcula el producto del rendimiento de cada paso del proceso (Dasgupta 2003). En este estudio también se calcula con una de las métricas SS, Dpu (Defectos por Unidad), donde la probabilidad de fabricación de un lote con un valor menor que el valor especificado se puede obtener como el área a la izquierda de 99% en la curva normal. Esto se puede llamar como Defectos por Oportunidad (Dpo), sí la fabricación de cada lote se considera como una oportunidad de tener un defecto o defectos por unidad (Dpu), sí cada lote se considera como una unidad (Dasgupta 2003). La finalidad de este estudio es encontrar diferencias entre los niveles sigma entre los diversos escalones de la cadena, para encontrar oportunidades de mejora.

Una aplicación Six Sigma para la evaluación de proveedores utilizó la herramienta de Análisis de Datos Multivariante (Wang et al. 2004). Concluyen que la aplicación de SS al desarrollo de proveedores, requiere una automejora, como un proceso dinámico en la red de las cadenas de suministros, también dicen que esta herramienta ayuda a evaluar todas las competencias del proveedor y que se puede medir el alcance del desempeño de cada

proveedor y así mejorar la calidad de toda la cadena, reduciendo costos y mejorando el nivel de servicio al cliente. Finalmente, estos autores afinan que Six Sigma emerge como una nueva estrategia para incrementar el desempeño de la Administración de la Cadena de Suministro.

Otro trabajo que estudio cualitativamente la aplicación del Six Sigma en las Cadenas de Suministro (Knowles 2005), en donde define las fases DCMAI como: La primera fase se centra en la comprensión del proceso bajo investigación desde el punto de vista de los clientes, proveedores y operadores. La segunda fase trata de medir el desempeño actual, la tercera para analizar a los colaboradores de pobre desempeño y la variación. La cuarta fase se utilizan las salidas de las fases anteriores para definir, probar y poner en práctica las mejoras y la fase final tratar de garantizar que los cambios están integrados, con éxito y, en su caso, que se hayan transferido a otros procesos. Estos autores también proponen una modelo conceptual y sugiere diversas herramientas conocidas, pero no demuestra ninguna aplicación de un método estadístico en la etapa de Medición, solo sugiere la utilización del Modelo SCOR. Otro trabajo cualitativo presentado modifican las fases DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) por DMAAV (Definir, medir, analizar, Activar y Verificar) aplicados en Samsung (Yang et al. 2007).

Se utilizó el Diseño de Experimentos y la Simulación de Eventos Discretos para analizar el Trade Offs entre los costos de inventarios vs. Servicio al cliente, considera diversas variables de la cadena como el Tamaño del Buffer de Inventario en los CEDIs internos y externos, Tiempo de Entrega de Producción y Demanda de los Clientes (las cuales considera controlables, ya que necesita condiciones estables, Kumar et al. 2011). La variable de respuesta esperada o efecto a conocer es el desempeño del Indicador de Servicio al Cliente (CSI, por sus siglas en inglés Customer Service Indicator). Pero no se precisa si este modelo sea factible en Sistemas de Producción Justo a Tiempo, en el cual, la política principal de operación es Cero Inventarios.

El trabajo cuantitativo que utiliza herramientas estadísticas SS, que utilizó el Diseño de Experimentos, encuentra sus resultados que al incrementar la variación de la demanda, baja el CSI, al decremento de la variación en la demanda, se tiene un alto CSI (Kumar et al. 2011). Además, dicen que los Backorder (pedidos pendientes) a largo plazo de entrega, bajan el desempeño de la CS; pero, los Backorders a corto plazo de entrega, son absorbidos por la Cadena de Suministro. Cabe destacar que estos autores consideran las variaciones de causa normal.

Resultados del estudio de la literatura

La literatura actual indica claramente que pocas herramientas cuantitativas Six Sigma se han aplicado para el estudio de la Cadena de Suministro. Para facilitar el incremento de aplicación de estas técnicas, se exponen una clasificación de dichas técnicas, distinguiendo estas entre cualitativas y cuantitativas. Posteriormente, se exponen las métricas logísticas

que han sido estudiadas con herramientas SS. Finalmente, una extensión de documentos publicados, que utilizan el Diseño de Experimentos en actividades logísticas.

Clasificación cualitativa y cuantitativa de herramientas Six Sigma

De la revisión de la literatura de herramientas cualitativas y cuantitativas SS, mencionadas por Knowles et al. (2005), podemos determinar que los instrumentos pertinentes para un análisis cualitativo, serán todas aquellas técnicas que nos permitan entender como sucedió algo de una manera cualitativa; y los utensilios cuantitativos son, los que nos permiten entender cuántas veces guarda relación una cosa con otra. En la Tabla 2-3, se clasifican las herramientas cualitativas y cuantitativas más utilizadas en la metodología SS.

Tabla 2-3 Propuesta de Herramientas Cualitativas y Cuantitativas más Utilizadas en la Metodología Six Sigma

Fase 6S	Cualitativas	Cuantitativas
Definir	Diagrama de afinidad Lluvia de ideas Método de casos Árbol CTQ (Crítico para la Calidad) Diagrama de flujo Diagrama SIPOC Voz del cliente Análisis a modo y efecto de fallas	Rendimiento de la Cadena (Rolled throughput yield)
		Gráficos de control Hojas de control Plan de recolección de datos Histogramas / distribución de frecuencia Repetibilidad y reproducibilidad Modelo de Kano Diagrama de Pareto Matriz de priorización Capacidad de procesos Procesos Sigma Muestreo Estratificación
Medir		Gráficos de series de tiempo Gráficos de control Plan de recolección de datos Diseño de Experimentos Histograma Prueba de hipótesis Diagrama de Pareto Regresión Lineal Muestreo Diagrama de Dispersión Estratificación
	Diagrama de afinidad Lluvia de ideas Diagrama causa – efecto Diagrama de flujo	Gráfico de control Hoja de control Plan de recolección de datos Histograma Diagrama de Pareto Matriz de priorización Capacidad de proceso Proceso Sigma
Analizar		Gráfico de control Hoja de control Plan de recolección de datos Histograma Diagrama de Pareto Matriz de priorización Capacidad de proceso Proceso Sigma
	Lluvia de ideas Consenso Análisis de modo y efecto de fallas	Gráfico de control Formatos de Recolección de datos Plan de recolección de datos Histograma Muestreo Estandarización Estratificación
Mejora		
Control	Diagrama de flujo	

En esta tabla solo se observa la propuesta de herramientas estadísticas empleadas en la metodología SS. Cabe destacar que no es común aplicar el Análisis Multivariante en dicha metodología, pero podría ser un área de oportunidad para futuras investigaciones.

Exploración cuantitativa en Logística Six Sigma

En la exploración documentada de herramientas Six Sigma y su aplicación en las actividades logísticas, se observó que es muy limitado el uso de métodos matemáticos y estadísticos para lograr un análisis cuantitativo preciso que permitiera a los administradores de las cadenas de suministro tomar decisiones más sustentadas. Se muestra la Tabla 2-4, para detallar las herramientas Six Sigmas aplicadas a las Cadenas de Suministros, las métricas logísticas involucradas en estos estudios y las actividades relacionadas. De las cuales solo tres han utilizado herramientas cuantitativas comunes de la metodología Six Sigma, sin embargo en una tabla posterior (Tabla 2-5), resaltamos los trabajos de investigación que han profundizado utilizando técnicas estadísticas del Diseño de Experimentos.

Tabla 2-4 Herramientas Six Sigmas Aplicadas al Estudio de Métricas Logísticas

Autor	Herramienta Six Sigma aplicada a CS y Logística	Métricas Logísticas involucradas	Actividades
Kumar et al. 2011	Simulación de Eventos Discretos Diseño de Experimentos	RI (Rotación de Inventario) Tiempo de entrega Pedidos pendientes Modelo SCOR	Trade Offs: Min Costo de Inventario Vs. Max Servicio al cliente (CSI- Customer Service Indicator)
Yang et al. 2007	Modificación de pasos DAMAMC, por DMAAV (definir, medir, analizar, activar y verificar)		Adaptación de metodología SS en Samsung para la Administración de la Cadena de Suministro.
Knowles et al. 2005	Adecuación pasos DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar)	Entregas a tiempo	Modelo conceptual de metodología SS a las Cadenas de Suministro
Wang et al. 2004	Análisis de datos multivalente	Entregas, Precio, Calidad de productos	Evaluación de proveedores
Dasgupta 2003	Rolled Troughput Yield, Y_{RT} (Rendimiento de la Cadena) Dpu = defectos por unidad	Cumplimiento en el llenado de ordenes	Encontrar diferencias entre niveles sigma y operaciones, para encontrar oportunidades de mejora.

Medición Logística con Diseño de Experimentos

Aunque los primeros de los objetivos de este apartado eran conocer la aplicación del SS en las áreas logísticas, se profundizó en las técnicas del Diseño de Experimento, ya que este permite obtener un análisis más preciso en la medición del desempeño logístico.

En la Tabla 2-5, se presenta una tabla comparativa de aplicaciones del Enfoque Taguchi para estudio de las Cadenas de Suministros (Shang, Li & Tadikamala 2004, Bachlaus, Tiwari & Chang 2009, Dev et al. 2008, Gupta & Pochampally 2008). Cabe destacar que la diversidad de estos trabajos depende de la selección de variables clasificadas como controlables y no controlables. También se observa que la aplicación del Enfoque Taguchi se ha realizado en combinación de otras herramientas matemáticas, como por ejemplo, la Metodología de Superficie de Respuestas, Algoritmos Genéticos DNA, ANOVA, AMON y Pérdida de Función de Calidad.

Tabla 2-5 Recopilación de la Aplicación del Diseño de Experimentos en la Cadena de Suministro

Autor /Título	Herramientas Taguchi Aplicada a CS	Variables Controlables	Variables no Controlables
Shang et al. 2004 "Diseño operacional de un sistema de cadena de suministro mediante el método Taguchi, metodología de superficie de respuesta, simulación y optimización"	Enfoque Taguchi (1986) Metodología de Superficie de Respuesta - RSM (Myers and Montgomery 1995)	Diferenciación retardada Compartir información Capacidad limitada Cantidad de reorden Tiempo de entrega Confiabilidad	Variabilidad de la demanda Costo de manejo de inventario
Bachlaus et al. 2009 "Problema de asignación de recursos multi-objetivo de una cadena de suministro de productos basada en el uso de un algoritmo basado en ADN Taguchi"	Algoritmo T-DNA	Beneficio, calidad, volumen, flexibilidad de volumen, tiempo de entrega anticipado, tipo de proveedor, vendedor, transportista, manufactura	
Dev et al. 2008 "Utilizando el paradigma Taguchi para el Diseño de Políticas intercam bio de información dentro de una red de cadena de suministro"	Matrix experiments (Phadke, 1989) ANOVA, ANOM	Compartir información Revisión periódica Compartir información	Demanda
Gupta & Pochampally (2008) "Un enfoque de la pérdida de Taguchi para la selección de centros de recolección para el diseño de la cadena de suministro inversa"	Función de pérdida de Taguchi	Valor sigma del proceso Distancia de la zona residencial Distancia de los caminos La sencillez del proceso de recolección El ingreso per cápita de la	

	población en la zona residencial Costo del espacio Costos laborales Incentivos del gobierno local
--	---

Uno de los estudios más completo realizado a la Cadena de Suministro que utilizaban el enfoque Taguchi, consideró como factores controlables a la diversificación retardada, compartir información, capacidad Limitada, cantidad de reorden, tiempo de entrega y la confiabilidad. Así mismo, considera factores controlables los costos de manejo de Inventario y la variabilidad de la demanda (Shang et al. 2004). Cabe destacar que este autor utiliza el Modelo Bass para simular la variabilidad de la demanda, calculando el ciclo de vida del producto.

Este modelo aunque parezca muy completo, aclara el autor, solo es aplicable a Sistemas de Producción “Pull” (Jalar), por lo que no queda claro si este modelo sea aplicable a Sistemas de Producción Justo a Tiempo o llamados también “Push Production System”, así como proveedores de autopartes Full-Service, donde este tipo de proveedores requiere dar más servicios logísticos que solo la entrega. Otra observación a este modelo es que la variable “Compartir Información” no es suficiente para reducir el nivel de inventario, ya que estos beneficios cesan al tener grandes tiempos de entrega en la cadena (Dev et al. 2008). Así que recomienda este investigador, que la medición sea adoptada para reducir el tiempo de entrega, antes de la estrategia de compartir información.

A continuación, en la Tabla 2-6, se recopilan las técnicas estadísticas aplicadas por los autores antes mencionados, de manera que sea fácil identificar cuales herramientas han sido aplicadas y cuales faltan de aplicar hasta este momento de la investigación.

Tabla 2-6 Comparación de Técnicas Estadísticas para el Análisis de Métricas Logísticas

Técnica estadística tratada	Métricas estudiados	Referencia
Simulación de Eventos Discretos y Diseño de Experimentos para encontrar equilibrio entre costo de inventario y servicio al cliente	Rotación de Inventario Tiempo de entrega Pedidos pendientes (Backorders)	Kumar et al. 2011
Análisis de Componentes Principales para la evaluación de proveedores	Tiempo de Entregas, Precio, Calidad de productos	Wang et al. 2004
Rolled Troughtput Yield, Y_{RT} (Rendimiento de la Cadena) Dpu = defectos por unidad	Cumplimiento en el llenado de ordenes (Fill Rate)	Dasgupta 2003
Metodología de Superficie de Respuesta, Simulación y Optimización	Diferenciación retardada Compartir información Capacidad limitada Cantidad de reorden Tiempo de entrega	Shang et al. 2004
Análisis de Pareto para diferenciar la importancia de métricas del desempeño Análisis de factores	Planeación, entrega y costos	Gunasekaran et al. 2004 Lockamy & McCormack 2004

Paradigma Taguchi (ANOVA, ANOM) para el diseño de políticas de intercambio de información dentro de una red de cadena de suministro	Compartir información Revisión periódica	Dev et al. 2008
Función de pérdida de Taguchi para la selección de centros de recolección para el diseño de la cadena de suministro inversa	Costos a partir de distancias, espacio y horas laborables.	Gupta & Pochampally 2008

Esta tabla muestra que solo se encontró una herramienta estadística del Análisis Multivariante aplicado en el estudio de métricas logísticas. Por lo tanto, se considera relevante considerar las ventajas de convertir variables cualitativas en cuantitativas a través de dicha rama.

Discusión

El éxito o fracaso de la aplicación de la metodología propuesta dependerá de la capacidad de recolección de la información verídica y oportuna, ya que se necesitan registrar los factores involucrados de cada Orden de Entrega, las causas del no cumplimiento de una Orden Perfecta, así como el registro diario de los tiempos de cada una de las operaciones que recorre cada orden del cliente. Además, se necesita una cultura de aceptación a la medición del desempeño logístico ya que en muchas organizaciones no es costumbre realizar esto y son incrédulos respecto a los beneficios de la metodología Six Sigma.

En general los objetivos de la investigación fueron cumplidos, pero una de las limitaciones de este estudio es que se encontraron pocas investigaciones publicadas de herramientas Six Sigma aplicadas en las cadenas de suministro. No obstante, se pudo detectar las métricas logísticas involucradas con el Six Sigma, que son: Rotación de Inventario, Tiempo de Entrega, Pedidos Pendientes, Entregas a Tiempo, Entregas, Precio, Calidad del Producto y porcentaje del cumplimiento de llenado de órdenes. También se encontraron que se han estudiado elementos logísticos como la Diferenciación Retardada, Compartir Información, Limite de Capacidad, Cantidad de Reorden, Confiabilidad, Revisión Periódica y Tiempo de Entrega con el enfoque Taguchi y la combinación de otras técnicas estadísticas como Metodología de Superficie de Respuesta, Algoritmos Genéticos DNA, Análisis de varianzas, y Análisis de medias.

Por otro lado, los investigadores que han aplicado ampliamente el Enfoque Taguchi en las Cadenas de Suministros han tratado de reducir el efecto de la variable de respuesta de Niveles de Inventario, tratando todos de controlar la incertidumbre de la Demanda como factor de ruido (Shang et al. 2004, Bachlaus et al. 2009, Dev et al. 2008, Gupta & Pochampally 2008). Queda la incertidumbre, de que si solo teniendo cierto nivel de inventario se puede cumplir con el indicador de servicio al cliente. Por lo cual se debería sustentar cual es la variable de respuesta más importante para el cliente, y no solo suponer que un nivel de inventario óptimo, garantiza la satisfacción del cliente. Es por esto que se propone un estudio, que trate de reducir la variabilidad del Lead Time (Tiempo de Entrega) como variable de respuesta del sistema logístico, analizando todos los factores controlables y no controlables, internos y externos, que más influyen en la respuesta final del cliente: Satisfacción del Servicio Logístico.

Finalmente se concluye que esta comparación de herramientas Six Sigma aplicadas en Cadenas de Suministro, permita una pronta aplicación en las diversas cadenas de suministros interesadas en mejorar su desempeño con evidencia cuantitativa, sin olvidar que deben seguir probándose en la práctica para validar y desarrollar aún más la metodología Logística Six Sigma.

Revisión de literatura para un estudio comparativo local de las causas que afectan el desempeño de la entrega a tiempo en la industria del plástico

Abstrac

La competitividad entre proveedores no solo se mide entre los atributos del precio y la calidad del producto, sino también en el tiempo que tarda en entregarse un producto después de que ha sido solicitado por el cliente. Pero este tiempo de entrega (Delivery Time) no solo necesita ser reducido para minimizar costos, sino que además debe entregar a tiempo, para garantizar así la permanencia de la empresa en la cadena de abastecimiento. Un estudio empírico entre 30 Industrias de Transformación de Plástico de una localidad, revela que existen causas internas y externas que afectan las entregas a tiempo, la comparación de estas causas se realizó a través algunos métodos del Análisis Estadístico Multivariante, con el objetivo de encontrar situaciones comunes que demuestres necesidades del sector. El estudio empírico encuentra que existen más necesidades específicas en los materiales de empaque y revela a través del análisis de componentes principales factores relacionadas con diversas situaciones ocasionadas por los proveedores, las áreas de producción y logística.

Palabras Clave: Logistics Performance Measurement, On Time Delivery, Delivery Delays, Factor Analysis.

Introducción

Esta investigación identifica las causas más frecuentes que ocasionan dificultades para cumplir con una de las principales Indicadores del Desempeño Logístico (IDL), el llamado On-Time Delivery (OTD, del inglés Entregas a Tiempo). Este estudio se aplicó específicamente en una localidad compuesta por varias Industrias de Transformación del Plástico (ITP). Primeramente, se identificaron diferentes causas que ocasionaban dificultades para lograr OTD en un estudio de campo realizado en tres ITP de diferente tamaño y tipo productos con diferentes niveles de proveeduría, llamados también "Tier". Después de la identificación de estas causas, surgió la inquietud de investigar si estas situaciones se presentaban en otras empresas, con el objetivo de homogenizar las necesidades del sector local y buscar posteriormente herramientas que permitan mejorar el desempeño logístico.

La estructura de este escrito se compone de una revisión de la literatura de las diferentes Indicadores del Desempeño Logístico (MDL) publicadas por diversos autores y las clasificaciones propuestas. Posteriormente, se resaltarán la importancia del indicador de Estregas a Tiempo (OTD) dado la importancia de este indicador para medir el desempeño del enlace entre los eslabones de la Cadena de Suministro (CS). Sin embargo, se encontró que las publicaciones sobre el estudio de este indicador son escasas, ya que la mayoría de

los trabajos publicados resaltan la reducción del Lead Time (Tiempo de Entrega) porque esta métrica permite reducir costos, pero no garantiza la satisfacción total de cliente.

Posteriormente a la revisión de la literatura, se construyó un instrumento de recolección de la información el cual debería organizar la gran variedad de causas que ocasionan dificultades con el cumplimiento de entrega de pedidos de los clientes, identificando causas internas y externas. Consecutivamente, se presenta un análisis de los factores y los resultados del estudio, seguido por algunas conclusiones.

Revisión de la Literatura

Medición del Desempeño

Hoy en día la calidad del producto, la entrega a tiempo y la flexibilidad de producción, son los principales factores de competencia para los fabricantes (Karim, Samaranayake, Smith & Halgamuge 2010, Iyer et al. 2004). Pero aunque se identifiquen estos elementos como factores de competencia, algunos clientes son más sensibles al tiempo de entrega, otros al nivel de servicio y algunos otros son sensibles al precio de venta (Qian 2013).

Además de que estos elementos maximizan el valor al cliente, Schimi-Levy et al. (2000) referido por Iyer et al. (2004), menciona que la mejora de la salida del servicio indica el grado de éxito de la estrategia de la Cadena de Suministro, y si esta salida no es aceptable, Beamon (1999), menciona que los clientes recurrirán a otra cadena de suministro. Por lo tanto, la salida del servicio en términos del desempeño logístico es medido en muchas cadenas a través del cumplimiento del Tiempo de Entrega (LT, Lead Time) o la Entrega a Tiempo (OTD, On-Time Delivery).

Siendo entonces la Entrega a Tiempo OTD) una de las metas más importantes de las actividades logísticas, es necesario medir el desempeño a través de un indicador y analizar los factores que causan dificultades para su cumplimiento. Aunado a esto, Gunasekaran et al. 2001, reconoce que ha habido muchos esfuerzos sobre diversos aspectos y áreas de la Administración de la Cadena de Suministro (por sus siglas en inglés SCM, Supply Chain Management) pero hasta hace poco, se ha prestado atención al desempeño y a sus indicadores correspondientes.

Además, de que existe poca atención por parte de las empresas con la medición de estas métricas, ya que “la gran cantidad disponible de mediciones del desempeño, hace difícil la selección de medidas del desempeño” (Beamon 1999), igualmente “las empresas se encuentran con problemas para identificar cual medición es más importante y seguir un orden y lograr la mejora del desempeño logístico (Bhagwat & Sharma 2007), posiblemente porque “carecen de conocimientos para el desarrollo de medidas eficaces de desempeño e indicadores necesarios para lograr una cadena de suministros totalmente integrada (Gunasekaran et al. 2001).

Para Beamon (1999), en esta falta de conocimiento presenta las siguientes preguntas: “¿Qué medir?, ¿Cómo están integrados las múltiples mediciones individuales dentro de un sistema de medición? ¿Con qué frecuencia hay que medir? ¿Cómo y cuándo son reevaluadas las mediciones?

Pero otro problema, mencionado por Karim et al. (2010), de los procedimientos para mejorar el desempeño OTD (por sus siglas en inglés, Entregas a Tiempo) es que los gerentes se preocupan más por los puntos débiles de sus propios departamentos, que ellos no quieren revelar. Pero, propone esta autor que la responsabilidad de la falta de entrega debe ser compartida en lugar de divisiones individuales, para lograr una aceptación.

Estructura de Indicadores

Reyes & Bernabé (2014), mencionan que diversos autores han clasificado y definido la gran diversidad de indicadores relacionadas con las actividades de abastecimiento y logística (Bask & Kuula 2011; Beamon 1999; Chan 2003; Gunasekaran et al. 2001; Gunasekaran, Patel, & McGaughey 2004; Harding 1998; Hassini, Surti, & Searcy 2012; Lambert & Pohlen 2001; Neely, Gregory, & Platts 1995). Sin embargo, una de las clasificaciones más trascendentales a esta investigación, ha sido la de Harding (1998), citado por Novack & Thomas (2004), quien construye una matriz de medición del desempeño logístico usando tres áreas de importancia: 1) Importancia al cliente, 2) Desempeño de la compañía, 3) Mejora costo/tiempo. Su idea fue dejar a las compañías que identificaran esas áreas de desempeño logístico donde debían mejorar, mientras los elementos costo/tiempo fueron recursos que se necesitan gastar para mejorar el servicio. Sin embargo, el trabajo de estos últimos autores, no muestra cómo mejorar el desempeño a través de la identificación de factores internos y externos a la compañía.

Como se mostró anteriormente, existe una gran diversidad y clasificaciones de indicadores de desempeño, pero es casi nulo en la revisión de la literatura una estructura que facilite la aplicación. Es así que Reyes & Bernabé (2014), propusieron una estructura de aplicación de métricas de desempeño por etapas, en una forma escalonada, es decir, una vez que se han asentado la aplicación de unas primeras métricas, podrá crecer la cultura y aceptación de la medición del desempeño y podrán entonces aplicarse otros nuevos indicadores. En la etapa inicial, llamada *Confiabilidad*, se debe demostrar primeramente la fiabilidad del enlace entre los eslabones de los miembros de una cadena de suministro. En una segunda etapa es necesario demostrar internamente la *Rentabilidad* de los recursos invertidos en las actividades logísticas. En la tercera etapa una organización competitiva, debe ser capaz de adaptarse a la innovación tecnología ágilmente, por lo cual esta etapa es llamada *Flexibilidad*, la cual medirá la rapidez con que la organización se adapta a los cambios. Finalmente, solo aquellas organizaciones que hayan evolucionado en la medición del desempeño, serán suficientemente *Responsables* para aceptar su compromiso con el

cuidado del medio ambiente y adaptarán sus sistemas en favor del Desarrollo Sustentable. En la Tabla 2-7, se muestran la propuesta de estos autores de los indicadores retomados para cada etapa.

Tabla 2-7 - Indicadores del Modelo Evolutivo para la Medición del Desempeño Logístico (Reyes & Bernabé 2014)

ETAPA	Métricas de Desempeño Logístico
Confiabilidad	Fill Rate (porcentaje de entrega inmediatas), Lead Time (Tiempo de entrega de una orden), On-Time Delivery (Entregas a tiempo), Cycle Time of the Order (Tiempo de Ciclo de la Orden), Backorders (Pedidos pendientes), % Invoiced deliveries without failure (facturas entregas sin errores), % Perfect Order (Porcentaje de Ordenes Perfectas)
Rentabilidad	Costos de distribución, Costos de manejar el inventario, Rotación de Inventario, Cash to Cash (flujo de caja) del inventario
Flexibilidad	Respuesta rápida a cambios en la orden, Rápida introducción de nuevos productos, Reducción en el tiempo, por el uso de Tecnologías de la Información (ITs, EDI, INTERNET, SAP), Prontitud para responder a las necesidades productos amigables con el medio ambiente
Responsabilidad Sustentable	% de material reciclado en un producto, % de tipos de productos con material reciclado, % de tipos de productos con diseño de desensamble para el fin de vida del producto, % de productos que vuelven a tener materiales ecológicos, % de productos o empaques con fin de vida, que se vuelven a someter al mismo proceso, % de productos con empaques amigables al medio ambiente, % de productos terminados que puede ser utilizados por terceros, % de productos o empaques recolectados al final de su vida útil, % de productos que no exceden los límites de sustancias peligrosas permitidos según las normas RoHS y WEEE.

Métrica de confiabilidad en la entrega

Reyes & Bernabé 2014 propone un escalamiento o evolución de la medición del desempeño logístico, Novack & Thomas (2004) también menciona que ha existido una evolución con el enfoque de mediciones orientadas a costos de distribución (enfoque interno) a un énfasis de mediciones múltiples de procesos orientados a costos logísticos y salidas de servicio (enfoque externo). Pero, aunque se hablen estos autores, de enfoques externos e internos, tal como los objetivos de nuestra investigación, no identifican las actividades internas que afectan la salida del servicio, ni tampoco identifican factores externos que pudieran estar influyendo en la salida del servicio antes mencionado.

Sin embargo, Novack & Thomas (2004) mencionan que el reto actual es ¿qué medir?, ya que el paso en la evolución del desempeño logístico es unir, este desempeño con otro indicador de éxito tipo de indicador de éxito, ambos internos y externo. Pero para alcanzar el éxito de algún indicador como lo menciona este autor, es necesario evitar el fracaso (definido por la Real Academia Española, definido como, “Malogro o resultado adverso de una empresa o negocio”), por lo que es necesario identificar todas aquellas posibles causas que no permitan un resultado deseado en una empresa o interfieran en el

desarrollo natural dentro de los procesos de entrega de pedidos de cliente, para lograr así conformidad del cliente o el concepto de Orden Perfecta (OP) propuesto por Cook (2001) quien define a la OP, como “una orden que es entregada a tiempo, en el momento correcto, en el lugar correcto, en la cantidad correcta, al cliente correcto, libre de daños y sin errores en la facturación”. Por lo tanto, cualquier descuido a los elementos esperados de una orden perfecta, seguramente ocasionará una entrega tardía (Delay order).

Indicadores del tiempo en la orden perfecta

Sin lugar a duda uno de los elementos más importantes de la orden perfecta es el tiempo, y aunque ya algunos autores han publicado sobre los indicadores relacionados con tiempo, a continuación se mencionan, porque es sustancial identificar cual es la importancia de cada uno, y la relevancia del indicador seleccionado para esta investigación. Por lo tanto, los indicadores de desempeño logístico que demuestran mayor confiabilidad en el enlace de los eslabones de la cadena de suministro, según Reyes & Bernabé (2014), son: Porcentaje de Entregas Inmediatamente, Tiempo de Entrega y Entregas a Tiempo. A continuación se describe cada uno según la opinión de diversos autores.

Fill Rate - FR (Porcentaje de Entrega Inmediata): Beamon (1999) y Chan (2003) mencionan que es la proporción de órdenes llenadas inmediatamente, es decir, el porcentaje que ha logrado llenar respecto a la meta. Reyes & Bernabé (2014), mencionan que el FR cubre la necesidad de entregar órdenes a los clientes en el momento que lo requieran. Aunque esta actividad requeriría de una gran cantidad del nivel de inventario de productos terminados, si la demanda no puede ser anticipada correctamente. Pero se necesita más que la gestión de inventario para lograr altos niveles de desempeño OTD según Vastag y Whybark (2005), referidos por Karim *et al.* (2010).

Lead Time - LT (Tiempo de Entrega): Beamon (1999), lo define como el tiempo de espera requerido para entregar un determinado producto y calcula este indicador como la cantidad de tiempo entre la solicitud de una orden y su correspondiente entrega. Para Turki, Hennequin & Sauera (2013), el tiempo de entrega es el período de tiempo que el material requiere entre una máquina y un cliente y por lo general tiene un gran impacto en las medidas desempeño, tales como el tiempo de respuesta de los clientes y el trabajo en proceso.

Gunasekaran *et al.* (2001), menciona que se debe haber consistencia en el tiempo de entrega para no reducir la fiabilidad como proveedor y no bajar el nivel de servicio al cliente. Qian (2013), menciona que las restricciones de confiabilidad de la entrega, son vinculadas por la confiabilidad interna de los tiempos de entrega. Estas actividades internas que no permiten estabilidad en el tiempo de entrega, pueden ser según Gunasekaran *et al.* (2001): los cuellos de botella, los procesos ineficientes y las

fluctuaciones en el volumen de órdenes manejadas. Pero este autor, no extiende las causas internas de los procesos internos que afectan el LT.

También cabe mencionar que Qian (2013) dice que puede haber diferentes tiempos de entrega para un mismo producto con diferentes precios, debido a los costos de transporte rápidos que se utilicen, o bien la reducción de precio a cambio de tiempos de entrega más largos. Esta elasticidad amplia del tiempo, es mencionada por Szwajkowski, Mapes & New (1997), Como sabiduría convencional, donde los tiempos de entrega largos dan la capacidad de planificar eficazmente la producción y así lograr altos niveles de desempeño en la entrega, pero este mismo autor nos menciona que este supuesto ya no se aplica; los resultados de su investigación, indican que ha presentado una situación inversa, ya que las plantas que estiman tiempos de entrega cortos, tienen un mejor desempeño de las plantas que esperan largo plazos de entrega. Aunado a esto, reducir costos, al reducir el tiempo de entrega, también se crea valor para el cliente (Mahmoud-Jouini et al. 2004, referido por Karim et. al 2010).

Sin embargo, se debe tener mucho cuidado al tratar de reducir los costos en los tiempos de entrega, ya que según Qian (2013), aunque al bajar el costo, incrementa la demanda vía reducción del precio, puede, si se reduce el costo se escarifica o empobrecer el desempeño con respecto al tiempo de entrega, nivel de servicio o calidad. Pero no se debe olvidar, según este último autor, que el valor buscado (ya se precio o tiempo de entrega) depende de las características del mercado.

Iyer et al. 2004, no menciona que el tiempo de entrega depende de un mercado, sino de un tipo de servicio esperado según el sistema de producción, como el sistema JIT (Just-in-time), en el cual no es más importante la longitud del ciclo de la orden, sino la entrega a tiempo al cliente (On-time delivery).

On Time Delivery -OTD (Entregas a Tiempo):

Cabe destacar que existe una estrecha relación entre el LT y OTD, ya que si se extendiera el tiempo de entrega acordado, ocurrirá una inconformidad en el OTD. Aunque el OTD, es sensible a varias causas internas y externas como se demostrará posteriormente. También es curioso mencionar que muchas organizaciones creen que es muy importante reducir los LT, pero esto debería ser importante según el valor que le dé el cliente a este indicador, ya que si el cliente está dispuesto a esperar por una entrega más larga, la organización no solo debe esforzarse en cumplir el LT planeado, si no también debe comprometerse a entregar a tiempo OTD, según el momento acordado.

Beamon (1999), dice que las órdenes entregadas a tiempo pueden evaluarse de diversas formas. La primera, llamada Productos Retrasados (delayed products), la cual puede calcularse restando la fecha de entrega menos la fecha de vencimiento; En la segunda forma, el promedio de ordenes retrasadas, se calcula sumando las ordenes retrasadas y

dividiéndolas por el número de órdenes en un periodo de tiempo; En la tercera forma de evaluar las ordenes entregadas a tiempo es el porcentaje de órdenes a tiempo puede calcularse sumando las ordenes entregadas en o antes de la fecha de vencimiento. Según Chan (2003) puede determinarse como el porcentaje de pedidos entregados en o antes de la fecha de vencimiento. Para Gunasekaran et al. (2004), solo son las entregas a tiempo de los productos.

Una vez identificado que el entregar a tiempo es más importante para un cliente que el tamaño del tiempo de entrega, se revisó en la literatura la forma en que se gestionaba una orden del cliente y así comparar la secuencia del sector estudiado para identificar las actividades críticas en nuestro estudio.

Proceso de gestión de pedidos

Karim et. al (2010), menciona que en las organizaciones tradicionales no tienen una unidad funcional responsable de las entregas a tiempo, por lo que el indicador OTD ha recibido una atención mínima. Es así que las interacciones de todas estas actividades requiere según estos autores, una medida de la medición del desempeño inter-funcional, tal como, el desempeño de las Entregas a Tiempo (OTD), ya que la entrega a tiempo o el tiempo de espera no se pueden tratar de manera aislada.

Karim et. al (2010), estudia el proceso que debe seguir una orden de producción y encuentra oportunidades de mejora cruzando las áreas funcionales tradicionales: ventas, logística y finanzas; ya que el trabajo progresa desde el pedido de venta inicial hasta la recolección de pago del cliente, concordando esto con la el final de la orden perfecta mencionada anteriormente “sin errores en la facturación”.

El modelo propuesto por Karim et al. (2010), para el Proceso de Gestión de Pedidos de Cliente, no solo considera el Proceso de Adquisiciones, sino que también incorpora procesos adicionales que permiten mejorar el desempeño de la entrega a tiempo, tales como: La Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP), (elemento importante también en el sector estudiado para lograr las entregas a tiempo. La Planeación de Requisitos de Capacidad (CRP) y la Planeación de Requerimientos de Distribución (DRP) y ejecución de la fabricación.

Cabe destacar que los sistemas de planeación MRP, CRP y DRP, son muy poco aplicados en la pequeña y mediana empresa ya que los costos de inversión de estas herramientas representan una inversión significativa que no puede ser absorbida por las empresas.

Avivando la importancia del análisis de la secuencia de la orden que propone Karim et al. (2010), para mejorar el desempeño de la entregas a tiempo, a continuación estableceremos relaciones entre las ideas de diversos autores, sobre los componentes

involucrados en la secuencia de pedido (entrada-procesamiento-entrega) para involucrar las causas estudiadas en nuestra investigación.

Proceso de entrada de pedido y el comercio electrónico

Todo procesamiento de un pedido del cliente, inicia con una “Propuesta de Pedido”, la cual se convertirá en un “Compromiso de Pedido” una vez que se libere (Release) por ambas partes. A esta liberación le precede una comprobación de la disponibilidad de material, del tiempo de entrega de las compras necesarias y de la capacidad de producción disponible (Karim et. *al* 2010). Este tipo de integración de actividades es posible sólo, según Karim et *al.* (2010), cuando el proceso de planificación de necesidades se apoya en datos en tiempo real a través de una base de datos integrada. Iyer et *al.* (2004), también comenta que para obtener la información más importante instantáneamente los administradores implementan e-commerce, tales como EDI, la cual aumentan los beneficios operacionales, permite una mayor precisión, una respuesta más rápida, y principalmente, una visibilidad en tiempo real de los inventarios y ordenes, facilitando así el desempeño de la entrega. Pero posteriormente, la investigación de Iyer et *al.* (2004), concluye que no se soporta que el impacto del e-commerce en el desempeño de la entrega sea universal.

Pero, Karim et. *al* (2010) menciona, que aunque se han propuesto las bases de datos integradas en la literatura desde hace algunos años, todavía no es una práctica en muchas empresas. Asociado a esto Iyer et *al.* (2004), menciona que la demanda impredecible puede afectar negativamente a la implementación de la tecnología, ya que algunas empresas no son capaces de predecir la demanda porque no son capaces de desarrollar pronósticos exactos. Es así que este último autor menciona que las empresas pueden ser menos propensas a invertir en tecnologías como el comercio electrónico cuando no esperan una mejora significativa en la predicción de la demanda.

Sin duda la adopción de comercio electrónico mitiga el impacto, proporcionando la visibilidad y la velocidad necesaria para gestionar mejor los programas de producción, niveles de inventario y los arreglos de envío de salida (Iyer et *al.* 2004). Por lo tanto, según este autor, la incertidumbre del proceso deberá relacionarse favorablemente a la aplicación de comercio electrónico y sugiere también que se debe responder con tecnología avanzada a los factores externos como la imprevisibilidad de la demanda y la turbulencia de los procesos.

Sistemas de Inventario y el Comercio electrónico

Como se mencionó anteriormente el comercio electrónico permite visualizar el tiempo real la disponibilidad del inventario, pero existe una contradicción muy discutida entre

diversos autores sobre los niveles del inventario. A continuación mostraremos las ventajas del alto nivel de inventario y su relación con el desempeño de entrega de órdenes, así como las desventajas que ocupa esta estrategia.

El Inventario y los tiempos de entrega

Sin duda, según Iyer et al. (2004), las tasas más altas de inventario bajan los tiempos de entrega, mejora la flexibilidad, y disminuye errores entre otras dimensiones del desempeño. También, Izui, Nishiwakia, Yoshimuraa, Kariyaa, Ogiharab & Hayashib (2010), menciona que se puede acortar el plazo del tiempo de entrega de productos, manteniendo altos niveles de inventario de los componentes, pero aclara el autor que además de ser muy costoso, es muy arriesgado, debido al corto ciclo de vida de algunos productos.

Turki et al. (2013), menciona que el inventario sirve para amortiguar la variabilidad de demanda, así que presenta un modelo para la planificación de los suministro y el valor del nivel óptimo del búfer en condiciones de incertidumbre de los *tiempos de espera*, considerando los costos de mantener los artículos en el almacén y las costos de ventas pérdidas ocasionadas por el desabasto.

Izui et al. (2010), propone inventarios versátiles, a través del equilibrio de niveles de inventarios de componentes comunes derivados del diseño de familia de productos y la reducción de los plazos de entrega. Pero, según este autor, la ventaja de los componentes comunes depende del patrón de la demanda.

Cabe destacar que en la revisión de la literatura nos dimos cuenta que ha sido muy estudiado los niveles de inventario y su relación la satisfacción de la entrega con los clientes, pero ninguno de los autores mencionados, menciona que existen demoras en el OTD debido a un inadecuado sistema de identificación de inventarios, ya que la falta de esto, ocasiona que al no encontrar un material oportunamente las empresas tienden a comprar más insumos de lo que realmente necesitan en determinado tiempo. Tampoco se menciona la dificultad que ocasiona en ciertas cadenas, manejar dentro de su inventario los contenedores especiales propiedad de los clientes para el envío de los productos terminados, ya que en ocasiones la producción fue conforme a lo planeado, pero al no contar con los contenedores especiales se dificulta el empaque y embalaje correspondiente, ocasionando obviamente retraso en la entrega. Es así que se establece esta hipótesis:

H₀: Existen causas comunes internas originadas por la función logística que dificulten las entregas a tiempo

H₁: No existen causas comunes internas originadas por la función logística que dificulten las entregas a tiempo

Sistemas de Inventario y el Justo a Tiempo

Como se mencionó anteriormente, cualquier nivel de inventarios generan ciertos costos, pero señalan Ha, Li & Ng (2003), que los proveedores necesitan incentivos para asumir el costo adicional de mantener inventario y proporcionar entregas justo a tiempo para el cliente. Una estrategia que reduce el nivel de inventario y por consiguiente disminuye el costo de inventario, pero genera más costos de transporte, Según Akbalik & Penz (2011), quienes comparan las entregas Just-in-Time (JIT) y las entregas con “ventanas de tiempo”. Cabe aclarar que cuando se menciona entregas con ventanas de tiempo, quiere decir que un pedido se puede surtir en varias entregas, incluso en un mismo día.

Correspondiente con lo anterior Chiu & Huang (2003), dice que las actividades de entrega en una cadena de suministro JIT realizan entregas frecuentes a tiempo con pequeñas cantidades, pero se deben tener una estrecha relación proveedor-comprador. Igualmente, el Manual de la Compañía de Toyota de 1995, referido por Ha et al. (2003), declara los objetivos de la implementación del JIT para las operaciones logísticas como “partes transportadas con envíos frecuentes de lotes pequeños”.

El Justo a Tiempo y la frecuencia de entrega

Ha et al. (2003), ha investigado el papel de la frecuencia de entrega como ventaja competitiva entre proveedores (efecto directo) y a la competencia del precio (efecto moderado). También dice este autor, que el cliente controla la frecuencia de la entrega, y ellos estratégicamente aumentarían la frecuencia de estas entregas para bajar los costos. Estas distorsiones en el control de las frecuencias de entrega son más altas cuando se determinan por el cliente en lugar de los proveedores, y por lo tanto el desempeño del sistema se deteriora más en el primer caso. Por otra parte, el cliente gana más poder y por lo tanto reduce su costo mediante el control de los precios en lugar de las entregas (Ha et al. 2003).

Frecuencia de entrega del proveedor

Además de la frecuencia de entrega a los clientes, existe otro elemento de entrega que debe considerar en los primeros eslabones de la Cadena, los proveedores. Por ejemplo, Ha et al. (2003), menciona que los proveedores no necesariamente entregan en intervalos de tiempos iguales, cada uno maneja su LT, y además dice esta autor que no podrá ver entregas a tiempo, si se depende únicamente de proveedor poco confiable. Por otro lado, relacionando la incertidumbre de los proveedores (Dolgui y Aly Ould-Louly 2002) referido

por Turki et *al.* (2013), presentaron un modelo para la planificación de los suministros en condiciones de incertidumbre del tiempo de espera, tales como el costo de mantener los artículos y los costos de las ventas perdidas.

Es así que, según Karim et *al.* (2010), se debe conocer la capacidad del proveedor de entregar componentes necesarios, así como el nivel del inventario, ya que en ocasiones el gerente de ventas acepta fechas de entrega, sin conocer esta información, ocasionando así retrasos en la entrega oportuna, dada la falta de comunicación entre ventas, compras y producción. Por lo anterior establecemos la siguiente hipótesis a comprobar:

H₀: Existen contratiempos externos comunes ocasionados por los proveedores en las entregas a tiempo

H₁: No existen contratiempos externos comunes ocasionados por los proveedores en las entregas a tiempo

Otro causante detectado en la investigación de campo, es que no se ha mencionado por los autores que estudian las entregas a tiempo, la disponibilidad de materiales de empaque y embalaje para la entrega oportuna y las condiciones de algunos proveedores para su venta, como por ejemplo, los descuentos por volumen, o las condiciones mínimas de venta de resina especializada, impedimento que ocasiona entregas tardías porque las industrias de transformación consideran comprar, almacenar, producir y enviar cierta cantidad de producto con cierta inversión, pero al aumentar la inversión en materiales que aún no se tiene cliente, ocasiona que antes de comprar se busquen almacén para la cantidad de producto comprado que no procesaran o bien buscar un competidor que este dispuesto a compartir la venta. Por estas razones establecemos también la siguiente hipótesis a comprobar:

H₀: Los tipos materiales utilizados por las IP, son causas comunes externas que dificulten las entregas a tiempo.

H₁: Los tipos materiales utilizados por las IP, no son causas comunes externas que dificulten las entregas a tiempo

Producción y la entrega a tiempo

Sobre las líneas de producción, Izui et *al.* (2010), menciona que los procesos que operan con entrega a corto plazo, pueden adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda impredecibles, y permite reducir los niveles de inventario en etapas posteriores al proceso de producción. Sobre reducciones, Low, Li & Chang (2013), mencionan que aunque el concepto de cero inventario dentro de la producción y en los problemas de entregas ha sido ampliamente discutido en muchas industrias, en las cuales no pueden ser inventariados debido al corto tiempo de su vida útil.

Por otro lado, Turki et al. (2013) mencionan, que el nivel del amortiguar del inventario (buffer) depende de la velocidad de producción, sin embargo esta velocidad puede ser interferida por causas fortuitas, tales como el tiempo promedio de falla de las máquinas, el tiempo medio de reparación de la máquina y los cambios de la demanda como otro elemento de falla en el tiempo de entrega. Iyer et al. (2004), define la perturbación del proceso, como la tasa, la imprevisibilidad y la volatilidad de los cambios en los procesos de logística y producción en la industria (Miller, 1987; Miller y Droge, 1986).

Según Iyer et al. 2004, esta incertidumbre del proceso también genera una necesidad de enlace cara a cara (face-to-face) más intensivo y la creación de dispositivos para dar respuesta a las contingencias (Germain, 1996; Miller, 1987).

Low et al. (2013), menciona que tradicionalmente se ha separado la investigación de la programación de la secuenciación de las máquinas y las entregas de las ordenes sin una efectiva coordinación, por lo que hacer dos decisiones no produciría una solución óptima global. Sin embargo, este autor propone una programación de la producción con orden en la entrega para minimizar tiempo total de terminación mientras satisface los requerimientos de las “ventanas de tiempo” de cada distribuidor.

Además de la programación de las entregas de pedidos, Ha et al. (2003), también nos habla de otras cuestiones que afectan el desempeño de la entrega, tales como la incertidumbre de la demanda, y la información asimétrica (RAE, define como la No correspondencia exacta en forma).

Achrol y Stern (1988); Celly y Frazier (1996), referidos por Iyer et al. (2004), estudian dos componentes de la incertidumbre del entorno: imprevisibilidad de la demanda y la turbulencia del proceso, está última mencionada anteriormente como incertidumbre del proceso o falla de las máquinas. La Imprevisibilidad demanda, Iyer et al. (2004), la menciona como la incertidumbre y la imposibilidad de predecir con exactitud las ventas y las tendencias del mercado según Achrol y Stern (1988); Celly y Frazier (1996), esta imprevisibilidad, se debe a que los datos registrados de las ventas proporcionan poca información confiable (Celly y Frazier, 1996).

Otro tipo de imprevisibilidad sucede cuando la empresa no realiza ninguna predicción de fallos o el análisis de riesgos en el comienzo de la fabricación se trabaja en el modo de “apaga fuegos” cuando se producen las fallas (Karim et al. 2010). Una consecuencia de esto es el retrabajo en algunos productos ocasionando retrasos en la entrega.

Sin embargo, en este estudio detectamos en la investigación de campo que los factores internos son relacionados con las actividades logísticas internas y las actividades del área de producción, como por ejemplo no seguimiento al MRP, una mala programación por no considerar desperdicios (scrap, mermas por purga, etc.), la capacidad instalada insuficiente, el exceso de producción de productos aun no requeridos, el tiempo de

preparación de la máquina por cambio de orden y el exceso de tiempo programado para la “liberación” de productos por parte de los auditores de calidad. Por lo cual, buscaremos comprobar la siguiente hipótesis.

H₀: Existen causas comunes internas originadas en el área de producción que dificulten las entregas a tiempo

H₁: No existen causas comunes internas originadas en el área de producción que dificulten las entregas a tiempo

A continuación, en la

Tabla 2-8, se muestra una síntesis de los temas tratados por diversos autores, relativos a las entregas a tiempo y los tiempos de entregas. Cabe destacar que es muy escaso de aplicación de técnicas estadísticas para encontrar causantes del desempeño.

Tabla 2-8 - Estudios de entregas a tiempo/tiempo de entrega

Tópico tratado	Referencia
Enfrentar la aleatoriedad del tiempo de entrega a través de políticas de buffer del tiempo y préstamos de emergencia	Chiu & Huang 2003
Analiza le precio y la frecuencia de entrega en la competencia entre proveedores	Ha et <i>al.</i> 2003
Análisis del comercio electrónico para mejorar el desempeño en la entrega a tiempo	Iyer et <i>al.</i> 2004
Equilibrio entre niveles de inventario y los tiempos de entrega a través del diseño de componentes comunes	Izui et <i>al.</i> 2010
Procesamiento para mejorar el desempeño de las entregas OTD (On time delivery)	Karim et <i>al.</i> 2010
Comparación de las políticas de entrega justo a tiempo y ventanas de tiempo	Akbalik & Penz 2011
Estructura para el diagnóstico de del desempeño confiabilidad en la entrega de las empresas de fabricación contra pedido	Soepenberget <i>al.</i> 2012
Análisis de factores de las causas que afectan el desempeño de la entrega a tiempo en industrias del plástico de una localidad	Reyes & Bernabe 2014

Capítulo 3 Marco Teórico

En este capítulo se repasa las herramientas del Análisis Multivariante para determinar cuál de estas técnicas es más apropiada a la investigación correspondiente. De igual forma se abordan los requisitos que debe cumplir un instrumento de medición. A continuación se inicia con la descripción del Análisis Multivariante.

Análisis de datos multivariante

En la última sección del capítulo 3, recopilaremos información sobre el Análisis de Datos Multivariante porque esta técnica nos permitirá recoger las observaciones de las muchas variables diferentes que estaremos analizando en este estudio y también nos ayudará a entender las relaciones entre estas variables (Johnson & Wichern, 2007). Además, esta indagación nos permitirá identificar cual técnica de análisis es más adecuada a los elementos que estamos analizando.

Según De la Garza et al. (2013), el análisis multivariante permite la resolución de problemas y la toma de decisiones con un enfoque analítico sobre las variables que influyen en el o los problemas en cuestión, también admite el análisis de datos en situaciones donde las relaciones entre las variables son más complejas.

El término multivariate analysis se puede traducir en tres formas distintas y todas son correctas, según el campo de conocimiento en el que se apliquen: análisis multivariable se utiliza generalmente en psicología, sociología y economía; el análisis multivariante se emplea en estadística, biología y economía; y por último, se maneja análisis multivariado en psicología y educación. Así que De la Garza et al. (2013), usa el término análisis multivariante porque proviene del área estadística, y este trabajo de investigación también retomará este concepto, ya que se desea conocer el comportamiento de algunas variables, principalmente su interacción entre ellas.

Antes de continuar es necesario describir brevemente algunos los conceptos que se mencionaran en este trabajo, retomados también De la Garza et al. (2013). Iniciamos con el concepto de estadística, para este autor es un conjunto de teorías y métodos que han sido desarrollados para recolectar datos, manejarlos, analizarlos, encontrar medidas que permitan describir e interpretar la información, con el fin de concluir y poder tomar decisiones.

A la información recabada se le llama dato; un dato es una colección de observaciones numéricas o no numéricas con una característica en común. Ahora bien una variable es un símbolo que puede tomar un valor cualquiera y representar un conjunto de determinados datos.

Cuando se tiene una variable se busca información que describa su comportamiento, el cual puede ser descrito por diferentes medidas:

- Indicadores de posición tendencia o mayoría como: media, moda, mediana, etc.
- Indicadores de variabilidad como: rango, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación, cuantiles, etc.
- Indicadores de forma como: asimetría y curtosis.
- Representación de los datos como: histograma, box plot, diagrama de tallos y hojas, etc.
- Cuando se tienen dos variables, éstas se pueden manejar separadas y realizar con ellas las mismas pruebas como si se tuviera una sola variable; también se podrían comparar las dos.
- Con pruebas de hipótesis (de dos medias, de dos proporciones y de independencia).
- Encontrar si están relacionadas o correlacionadas.

A este análisis se le denomina bivariado y está comprendido dentro del análisis Multivariante. Entonces, según De la Garza et al. (2013), el análisis Multivariante puede definirse como el conjunto de métodos o técnicas diseñados para el análisis e interpretación de la información contenida en un conjunto de variables sin perder la interacción o grado en que se afectan unas con otras.

En este trabajo así como lo menciona este autor permite hacer comparaciones entre causas fallas según la percepción de los responsables de áreas que estaremos estudiando.

Diseño, estructura y medición de la información

En la Ilustración 3-1 Pasos para realizar una investigación (De la Garza et al. 2013) se muestra la secuencia general que se requiere para entender de qué manera se miden las variables para determinar cuáles técnicas Multivariante pueden aplicarse a la investigación. Después de identificar el problema, recabar información y localizar las fuentes primarias o secundarias de información, es necesario verificar si las variables de estudio son independientes o dependientes de otras variables, es decir percibir si existe una relación causal o no. Posterior a este paso, es necesario identificar el tipo de escala de cada variable, para posteriormente formular el cuestionario, obtener la información, analizar los resultados y generar conclusiones para la toma de decisiones. A continuación se describirán cuáles son las diferencias entre los dos tipos de variables, ya que es de vital importancia para la continuidad del estudio.

Variables cualitativas o no métricas

Este tipo de variables miden cualidades de las personas u objetos de las cuales no es posible hacer mediciones numéricas puesto que las observaciones no se pueden ordenar o medir, sólo se pueden clasificar o enumerar, debido a que éstas describen o identifican a un objeto al tomar un atributo, una característica o una propiedad categórica, mas no numérica. Las variables cualitativas se pueden medir a través de dos tipos de escala:

- **Nominal o clasificatoria.** Se emplea para referirse a los datos que sólo pueden clasificarse en categorías, cada una de éstas se considera como mutuamente excluyente (dos o más observaciones no podrán pertenecer a varias categorías) y colectivamente exhaustiva (todos los valores deberán estar contenidos en alguna categoría) con respecto a las demás; toma valores como 1, 2, 3, etc. También se les denomina pruebas libres de distribución o no paramétricas. Dentro de esta categoría también tenemos a las denominadas *dicotómica dummy*, con la que se mide la ausencia (con el no) o la presencia (con el sí) del atributo y es el nivel más bajo de la medición, la Real Academia Española (2014), define a dicotómica, como la división en dos partes.
- **Ordinal o de rango.** En este tipo de escala cada categoría es mayor que la siguiente; sin embargo, no puede decirse qué tanto una categoría es mayor o menor que las demás. La principal diferencia entre el nivel de medición nominal y uno ordinal es la relación mayor que entre las categorías de nivel ordinal. Por otra parte, la escala de medición ordinal tiene las mismas características que la escala nominal, es decir, las categorías son mutuamente excluyentes y exhaustivas, además esta escala se puede convertir en la anterior. La estadística más apropiada para describir la tendencia central en este tipo de escala es la mediana. Con el escalamiento ordinal las hipótesis pueden probarse con numerosos recursos estadísticos no paramétricos. Las opciones en este tipo de encuesta van desde “muy frecuente, frecuente, poco frecuente, nada frecuente”, o “Excelente, bueno, regular, malo”. Este tipo cualitativo, obliga a las personas a realizar una jerarquización mental, por eso son ordinales (relativo al orden, según la Real Academia Española). A este tipo de variables también se les conoce como escala de Likert, pero se considera ordinales cuando tengan de menos de 5 categorías. En la Tabla 3-1, se muestran algunos ejemplos de este tipo de variables cualitativas.

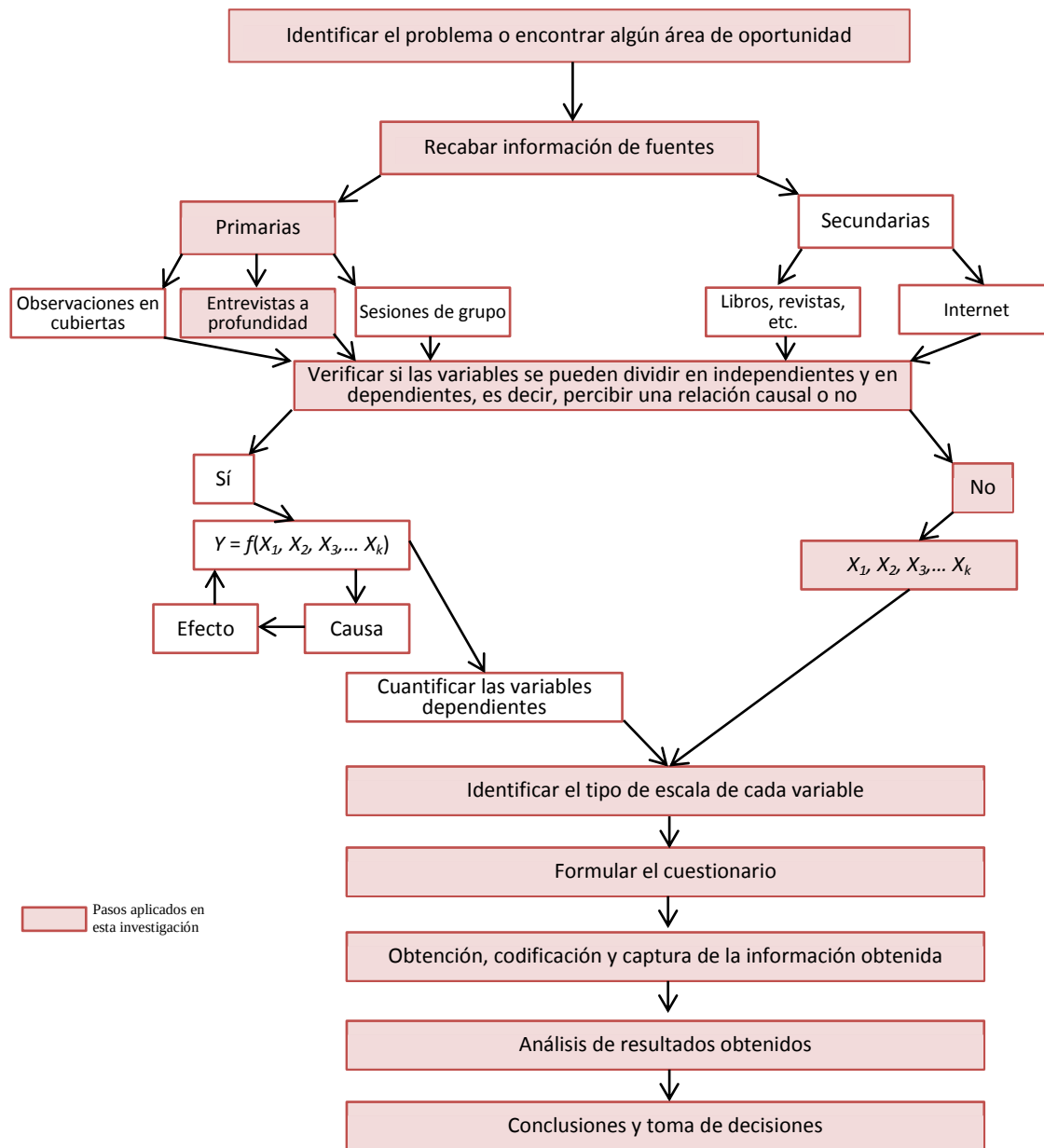


Ilustración 3-1 Pasos para realizar una investigación (De la Garza et al. 2013)

Cabe destacar que estos dos tipos de clasificación de variables cualitativas mencionadas por De la Garza et al. (2013), han sido aplicadas en este estudio.

Tabla 3-1 - Clasificación de las variables cualitativas según su tipo
(De la Garza et al. 2013)

Clasificación	Definición	Ejemplos
Nominal	Se utiliza para lograr una clasificación en categorías, sin que haya una relación de prioridad entre las respuestas. También puede medir la ausencia (con el no) o la presencia (con el sí) del atributo.	Estado civil: __ soltero __ casado __ viudo __ divorciado __ unión libre Posee experiencia en el trabajo: __ si __ no
Ordinal	En este tipo de pregunta, cada opción genera una variable, y los valores se cualitativos (primer lugar, segund o lugar, etc.).Se genera una relación de mayor a menor entre las categorías.	Se enumera la siguiente lista de bebida de 1 al 6, dando el número 1 al de mayor preferencia y el 6 al de menor: __ café _te __ leche __ limonada __ aguas de frutas __ refresco ¿Con que frecuencia consume refresco? __ muy frecuente __ frecuente __ poco frecuente __ nada frecuente

Variables cuantitativas o métricas

Estas variables identifican a un objeto o persona en forma cuantitativa o numérica, ya que se puede decir que es diferente de otro en cantidad o grado; son aquellas en las que las observaciones resultantes pueden medirse porque poseen un orden o rango natural. Las variables cuantitativas se clasifican en discretas y discontinuas de acuerdo con su tipo como se muestra en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2 - Clasificación de las variables cuantitativas según su tipo
(De la Garza et al. 2013)

Clasificación	Definición	Ejemplos
Discreta	También llamada discontinua, es aquella en la cual los valores posibles no se pueden observar en una escala continua debido a la existencia de espacios entre estos posibles valores; se utiliza para llevar a cabo un conteo, y no existen números fraccionados.	- Número de pétalos en una flor - Número de alumnos en un salón
Continua	Variable que puede presentar cualquier valor dentro del cierto intervalo (números fraccionados o enteros)	- La estatura y peso de los seres humanos - La presión que aplica una máquina para producir cierto artículo

- **Intervalo:** Incluye todas las características de la escala ordinal, entonces también la escala de intervalo se puede convertir en las dos anteriores. A diferencia de la escala ordinal, permite diferenciar un objeto de otro en cantidad o grado, e indica que al pasar de un valor a otro de la escala el atributo cambia en la misma proporción; es decir, en este tipo de escala sabemos cuál categoría es más que la

otra y en qué medida; es decir, en este tipo de escala sabemos cuál categoría es más que la otra y en qué medida; por lo que se podría concluir que dicha escala se va moviendo gradual y proporcionalmente a lo largo de todos sus valores. También es mutuamente excluyente y el cero no es absoluto, no significa la ausencia de algo, por ello es necesario establecer un modelo de la numeración, al codificar y establecer el significado de cada número. Por ejemplo, se podría codificar con numeración del 1 al 5 desde completamente se acuerdo hasta completamente en desacuerdo, pero se debe de definir en cada caso qué es favorable (1 o 5) o desfavorable (5 o 1). Cuando se define la forma de codificar y el significado de la numeración de cada variable se puede comprar las escalas; mientras no se haga esto, no son comprables, porque cada una puede tener diferente significado. Sin embargo, este tipo de escala permite realizar análisis más complejos, ya que en este tipo es posible obtener todas las estadísticas paramétricas comunes, así como las no paramétricas. Un ejemplo de este tipo sería: “reparta 10 puntos midiendo el servicio de las siguientes aerolíneas, __ A& A __B&B __C&C __T&T”. Otro ejemplo sería: “¿Cuál es su peso? __de 45 a 55 kilos, __ de 56 a 65 kilos, __ de 66 a 75 kilos, __de 76 a 85 kilos, __de 86 en adelante” (De la Garza et al. 2013).

- **Razón:** Es el nivel de medición más alto, es decir la escala más precisa de todas. Tiene todas las características del nivel de intervalo: las distancias entre los valores son de un tamaño conocido y constante, las categorías son mutuamente excluyentes y exhaustivas. Con este tipo de escala se puede obtener todas las estadísticas paramétricas comunes, así como las no paramétricas, aunque no suelen sacar provecho de toda la información contenida en la investigación. Las principales diferencias entre los niveles de intervalo y de razón son: los datos de nivel de razón tienen un punto cero significativo; la razón o cociente de dos números es significativo; cuando se necesita un dato exacto hay que utilizar este tipo de escalas Ejemplo: ¿Cuántas horas a la semana dedicas a actividades extra académicas? __; ¿Qué ingreso percibes?__ (De la Garza et al. 2013).

A continuación se muestra tres tablas propuestas por De la Garza et al. (2013), para una comprensión más clara de los diferentes niveles de las escalas de medición.

Propiedades y comparación entre las escalas

La Tabla 3-3, permite identificar el tipo de variable más adecuada a la investigación, así como una facilidad para que el investigador pueda identificar el alcance de la variable que va a seleccionar. Ya que algunas veces es muy difícil recolectar información de campo, dado que las personas cuentan con poco tiempo disponible para responder a estos estudios.

Tabla 3-3 - Propiedades de las escala de medición
(De la Garza et *al.* 2013)

		Niveles de medición			
		Nominal	Ordinal	Intervalo	Razón
propiedades	Asigna y clasifica los datos	x	x	x	x
	Ordena los datos		x	x	x
	Marca distancia entre los datos			x	x
	Tienen significado las diferencias entre los valores			x	x
	Tiene significado el cociente de los valores				x
	Los datos tienen origen (el cero tiene significado, no ausencia de servicio)				x

Esta tabla permite identificar el tipo de variable más adecuada, permitiendo al investigador identificar el alcance de la variable que va a seleccionar. También se observa que aunque la escala de “razón” puede generar mayor cantidad de información, nos recuerda De la Garza et *al.* (2013) que este tipo de escala, es muy difícil que las personas la contesten por el tiempo que le requiere el encuestado precisar el dato de respuesta.

Tabla 3-4 - Muestra las gráficas y estadísticas posibles en cada escala de medición
(De la Garza et *al.* 2013)

		Niveles de medición			
		Tipo de variables			
		Cualitativas		Cuantitativas	
		Nominal	Ordinal	Intervalo	Razón
gráficas	Pay (pastel)	x	x		
	Box Plot (caja o bigotes)		x	x	x
	Histograma (barras)			x	x
	Ojiva (polígono de frecuencia acumulada)			x	x

En esta tabla se sugiere el tipo de gráficas que el investigador puede utilizar según el tipo variable que fue seleccionada, así como el tipo de escala.

Tabla 3-5 Muestra la estadística descriptiva posible en cada escala de medición
(De la Garza et *al.* 2013)

	Niveles de medición			
	Nominal	Ordinal	Intervalo	Razón
Frecuencia	x	x	x	x
Conteo	x	x	x	x
Mínimo	x	x	x	x
Máximo	x	x	x	x
Moda	x	x	x	x
Mediana		x	x	x
Media			x	x
Rango			x	x
Desviación estándar			x	x
Varianza			x	x
Cuantiles		x	x	x
Sesgo			x	x
Curtosis			x	x

En esta tabla sugiere el autor, la herramienta estadística que el investigador puede utilizar según el tipo de escala de medición que fue seleccionada. Cabe destacar que se sugieren cálculos de frecuencia, conteo, max-min y moda en cualquier tipo de escala de medición.

A grandes rasgos, éstas son las principales características y diferencias de las escalas de medición, las cuales se necesita comprender para poder definir qué técnicas multivariantes se van a aplicar a una investigación; a continuación se analizará su clasificación de acuerdo con ciertos factores según lo propuesto por De la Garza et *al.* (2013).

Técnicas del Análisis Multivariante

Dentro del análisis multivariante se tiene una gran variedad de técnicas que contribuye al estudio e interpretación de la información. De acuerdo con la finalidad que se persiga, las técnicas multivariantes se dividen en dos grupos: 1) Funcionales o dependientes, 2) Funcionales o interdependientes

Técnicas funcionales o dependientes

El nombre funcionales se debe a que todas las técnicas que pertenecen a este grupo implican una modelo, ecuación o función formada por las variables involucradas. En estas técnicas intervienen variables dependientes e independientes. El objetivo de estas técnicas funcionales es pronosticar una o más variables dependientes a partir de cambios en las independientes, con base en que existe una relación causa-efecto entre ambas variables. Algunas de las principales técnicas funcionales se muestran en la Tabla 3-6.

Tabla 3-6 Técnicas funcionales o dependientes

Técnica	Objetivo
Análisis de regresión y correlación múltiple	Permite conocer la relación causa-efecto que hay entre varias variables independientes y una dependiente.
Análisis de correlación múltiple	Cuantifica el grado de relación lineal que hay entre variables. Permite cuantificar el grado de influencia lineal entre variables, de una forma bivariada, es decir, entre dos variables. La correlación métrica se puede calcular mediante el coeficiente de correlación de Pearson.
Análisis discriminante múltiple	Permite explicar las diferencias entre grupos de personas u objetos mediante variables independientes con el objetivo de pronosticar o clasificar nuevas observaciones entre los grupos.
Análisis de varianza (ANOVA)	Permite determinar si las medias de las muestras provienen de una sola población o de poblaciones con diferentes muestras.
Análisis de covarianza (ANCOVA)	Busca cómo afecta la variable incontrolable (de naturaleza métrica) a la variable dependiente para aislar y controlar su efecto.
Análisis de varianzas Multivariante (MANOVA)	Se puede analizar un conjunto de variables independientes de naturaleza cualitativa y tratar de explicar a otro conjunto de variables de naturaleza cuantitativa.
Análisis de correlación canónica	Consiste en determinar el grado de relación entre dos conjuntos de múltiples variables. Predice múltiples variables dependientes, cuantifica la validez de la relación entre el conjunto de las independientes y el conjunto de las dependientes al explicar el tipo de relación y el grado de estas entre los conjuntos de variables.
Análisis de conjunto	Estudio el efecto que tiene diversas variables independientes no métricas o métricas sobre una variable dependiente no métrica (ordinal)
Regresión logística	Estudia si una variable binomial o dicotómica depende o no de una o varias

	variables métricas.
Detector automático de interacción	Permite conocer la relación entre una variable dependiente en escala métrica (de intervalo o de razón) y varias variables independientes en escala métrica o no (nominal, de intervalos, de razón).
Análisis de supervivencia	Estudia el efecto de una variable independiente (tiempo, variable métrica) cuando la variable dependiente se expresa en tiempo que tarda en ocurrir un suceso.

Técnicas estructurales o interdependientes

Su objetivo principal es resumir la información, por ejemplo, describir el comportamiento del mercado a través de un menor número de variables o describir el comportamiento del mercado a través de un menor número de variables o describir el perfil de núcleos poblacionales al resumir opiniones de personas, características de objetos, productos o servicios.

En esta técnica todas las variables se manejan como independientes, por lo que la principal diferencia con las funcionales es que las estructurales no tratan de encontrar relaciones de causa-efecto entre las variables, sino que buscan algo en común entre las variables o personas para unirlos y así reducir o resumir la información. Algunas de las principales técnicas estructurales se muestran en la Tabla 3-7.

Tabla 3-7 - Técnicas estructurales o interdependientes

Técnica	Objetivo
Análisis de factores	Encontrar variables no observadas para reducir un sistema múltiple de variables métricas a un menor número llamados factores.
Análisis de componentes principales	Se usa para encontrar la interdependencia (dependencia interna) entre variables. Busca encontrar un factor común en el cual las variables puedan resumirse y representar variaciones a través de unos cuantos componentes o factores.
Análisis de conglomerados (Clusteres)	Formar grupos que contengan elementos lo más similares entre sí y diferentes al compararse entre grupos.
Análisis de correspondencia	Establecer relaciones entre variables independientes cualitativas, enriqueciendo así la información de contingencia. Además permite analizar cómo está estructurada esa asociación, describiendo proximidades para identificar categorías como causas de asociación.
Análisis discriminante	Establece si en realidad se segmentó correctamente en el agrupamiento y el porqué de esa segmentación.
Redes neuronales	Conseguir que se den respuestas similares a las que el cerebro humano tendría para desarrollar una estrategia de procedimiento para reconocer

	esquemas.
Análisis de recorrido	Permite encontrar valores esperados o reales, a partir de los cuales se pueden determinar caminos críticos a través del análisis de regresión y de un diagrama de flujo de las interdependencias.

Después de identificar los objetivos de las técnicas multivariantes, se determinó según la recopilación de esta tabla que el análisis de componentes principales pudiera encontrar la interdependencia entre las causas que no permiten el cumplimiento de una de las métricas más importantes de la satisfacción logística del cliente.

A continuación se describirán más ampliamente las técnicas de Análisis Multivariante aplicadas en este estudio: Análisis componentes principales, Análisis de Conglomerados (Cluster) y Análisis de Correspondencias.

Análisis de Componentes Principales

El objetivo de los Componentes Principales y el Factor Común es explicar la mayor variabilidad posible del conjunto de variables con el menor número de componentes viables, pero que éstas sean las principales. Ambos análisis, componentes principales y factor común, se utilizan para encontrar la interdependencia (dependencia interna) entre variables; la diferencia estriba en la forma de calcular la *variación total* o el *comportamiento de cada variable*. Esta variación está compuesta por:

$$Var\ Total = Var\ común + Var\ Específica + Var\ Aleatoria$$

En esta fórmula muestra los tipos de variación entre los que se descompone la variación total de las variables, donde:

Var Total = Es la variación total e indica la variación o dispersión de la variable. Cuando las variables están estandarizadas, el valor de esta variación es 1.

Var Común = Es la variación común y representa la variación que hace parecidas a las variables y es lo que las une.

Var Específica = Es la variación específica, es la que hace diferentes y únicas a las variables, por lo que dicha variación separa a las variables.

Var Aleatorias = Es la variación aleatoria y representa el error o el azar; se asume su presencia, pero en virtud de que no se puede cuantificar o calcular se le considera como mínimo su efecto.

El modelo de componentes principales asume que la variación específica es tan pequeña que la considera como cero y desprecia la variación aleatoria. Por tanto, la variación total se considera igual a la variación común.

$$Var\ Total = Var\ común + Var\ Específica + Var\ Aleatoria$$

$$Var\ Total = Var\ común + 0 + 0$$

$$Var\ Total = Var\ común$$

Análisis de Factores

Según De la Garza et al. (2013), el análisis de factores es un método mediante el cual se encuentran variables no observadas o latentes, las cuales son métricas; este análisis reduce un sistema múltiple de variables métricas a un menor número llamado factores. Además, se utiliza para analizar las relaciones entre un gran número de variables, todas ellas independientes y métricas, y explicarlas con un número más pequeño de factores (también llamados atributos, características o dimensiones). Es decir, pretende resumir la información de las variables originales por medio de características o factores en común que las representen lógicamente. Si se diera el caso, estos factores resultantes se utilizarían como variables en análisis posteriores, facilitando el manejo de la información ya resumida.

El análisis de factores generalmente utiliza la técnica de componentes principales o la de factor común para extraer los factores. La técnica de componentes principales reduce variables, esto hace formular y realizar hipótesis estadísticas, por lo que se podría decir que las técnicas de componentes principales y de factor común dan una solución a priori; mientras que la técnica de análisis de factores proporciona un resultado final.

Factor, significa desde un punto de vista matemático, es una combinación lineal de las variables originales de la investigación, representando por la siguiente ecuación.

$$F_i = A_1X_1 + A_2X_2 + \dots A_kX_k$$

Dónde:

F = Es el factor o componente i de la observación k .

A = Representa la importancia o peso que cada variable tiene con respecto al factor encontrado, dicha importancia es relativa, es decir, es la importancia ponderada que tiene cada variable original con respecto a la característica obtenida, pero se debe recordar que las variables originales fueron estandarizadas o tipificadas.

X = Son las variables originales

i = Es el número de factor

k = Es el número de variable

Los supuestos que el análisis que el análisis de factores requiere son:

1. Las variables involucradas en el análisis deben provenir de poblaciones con distribuciones normales.
2. Las variables deben tener varianzas constantes, es decir, homogeneidad de varianzas u homoscedasticidad.
3. Las variables incluidas en el análisis deben ser lineales.
4. Las variables a pesar de ser independientes, deben presentar cierta relación entre ellas para que el análisis de factores se puede llevar a cabo y tenga sentido realizarlo.

Diferencia entre componentes principales y Análisis Factorial

Según Pérez (2004), la diferencia entre análisis de componentes principales y análisis factorial radica en que el análisis factorial trata de encontrar variables sintéticas latentes, inobservables y aún no medidas cuya existencia se sospecha en las variables originales y que permanecen a la espera de ser halladas, mientras que en el análisis de componentes principales se obtienen variables sintéticas combinación de las originales y cuyo cálculo es posible basándose en aspectos matemáticos independientes de su interpretabilidad práctica.

Además, menciona este último autor que en el análisis de componentes principales la varianza de cada variable original se explica completamente por las variables cuya combinación lineal la determinan sus componentes.

Análisis de Conglomerado (Cluster)

La palabra cluster, que define estas técnicas, se podrá traducir por grupos, conglomerados, racimo, apiñarse, etc. (Pérez 2004). De la Garza et al. (2013), dicen que el análisis de conglomerados es una técnica del grupo estructural independiente, el cual tiene por objeto resumir información; en este análisis todas las variables son consideradas independientes, trabajo con variables medidas en escala de intervalo, de razón y nominales convertidas a dummy (dicotómica, si-no), para realizar este análisis las variables

deberán ser todas de un solo tipo de escala, ya que no se puede manejar en un mismo análisis diferentes tipos de escalas

El propósito del análisis conglomerado es la formación de grupos o conglomerados de individuos o de objetos similares, ya que busca formar grupos lo más homogéneos posible entre sí, es decir, al comparar los elementos que conforman un grupo deberán ser tan parecidos como sea posible, y lo más heterogéneos al compararse un grupo con otro. De la Garza et al. (2013), mencionan que la clasificación es uno de los procesos fundamentales de la ciencia, ya que los fenómenos deben ser ordenados para poder entender.

Es así que en este estudio se recurrió a esta técnica porque la formación de grupos en una población facilita el análisis.

A continuación se propone las decisiones a tomar para la aplicación de esta técnica según la propuesta De la Garza et al. (2013), mencionado anteriormente.

Decisiones a tomar

El análisis de conglomerados se deben tomar varias decisiones, las cuales enlistamos a continuación:

- Observar lo que rodea a los posibles grupos.
- Seleccionar las variables para identificar los grupos.
- Definir la medida de proximidad.
- Elegir el método a aplicar.
- Determinar la técnica o criterio para agrupar individuos en conglomerados.

Observar lo que rodea a los grupos: Antes de iniciar un análisis de conglomerados se debe observar si los objetos o las personas que se agruparán lo pueden hacer en forma natural, sino, sería inútil tratar de agruparlos.

Selección de variables: Los datos pueden medirse en escala de intervalo, en escala de razón, datos de frecuencia o utilizar datos dicotómicos para las características.

Definir la medida de proximidad: La proximidad expresa el grado de similitud o diferencia que existe entre parejas de individuos, objetos y variables. Dichas proximidades son de dos tipos: disimilares o similares.

Cuando las proximidades se interpretan en términos de lo *diferente* se habla de **disimilaridad**; cuando se expresan por lo *parecido* se refieren a **similaridad**.

El análisis de conglomerados utiliza medidas de similaridad o disimilaridad entre los objetos o individuos que se agruparán; la diferencia está en su interpretación, ya que:

- Cuanto más pequeño es el valor de una medida de disimilaridad, más parecido son los objetos.
- Cuanto más grande es el valor de una medida de similaridad, más parecido son.

Para seleccionar la medida de proximidad se debe tomar en cuenta:

- El tipo de datos con que se cuenta
- El tipo de proximidad que se desea manejar
- Escoger la medida de distancia, disimilaridad, similaridad.
- Seleccionar el método para conglomerar (reunir individuos en grupos)

Cuando las variables se miden en escalas de intervalo o de razón se utilizan medidas de distancia o de disimilaridad para evaluar lo parecido que son las personas u objetos y así agruparlos. Existen varias medidas de disimilaridad métricas, pero en este estudio solo mencionaremos las de Distancia Euclidiana. En la Tabla 3-8, se muestran los estadísticos propuestos por De la Garza et *al.* (2013), para calcular las medidas de disimilaridad, similaridad y frecuencia.

Cuando se realiza un análisis de conglomerados por distancias se debe tener en cuenta que las variables utilizadas en la técnica por lo regular son actitudes, opiniones, características demográficas o correlaciones entre objetos o personas, por lo que todas estas variables deben estandarizarse previamente, es decir, se debe eliminar el efecto de las unidades y hacerlas comparables, de manera que todas se encuentren en términos de "Z".

Selección de criterio para reunir a individuos en grupos

El análisis de conglomerados tiene por objetivo formar grupos o segmentos de persona, objetos (marcas, productos, servicios, etc.) o variables, lo más parecidos posibles dentro de cada grupo y lo más diferentes al compararse entre grupos. El análisis de conglomerados se divide en métodos jerárquicos y no jerárquicos (De la Garza et *al.* 2013).

Los métodos jerárquicos, según Pérez (2004), son aquellos que configuran grupos con estructura arborescente, de forma que clusters de niveles más bajos van siendo englobados en otros niveles superiores. Además los métodos jerárquicos se subdividen (De la Garza et *al.* 2013) en: aglomerativos o ascendentes (dependiendo del criterio que se use para agruparlos) y el divisional (basándose en las diferencias los separa hasta terminar con tantos grupos como objetos se tienen)

Los métodos no-jerárquicos, según Pérez (2004), son aquellos que asignan los casos a grupos diferenciados que el propio análisis configura, sin que unos dependan de otros, además este autor menciona que este tipo de cada caso puede pertenecer a un solo cluster, o bien un caso puede pertenecer a más de un grupo.

Tabla 3-8 Estadísticos para calcular las medidas de disimilaridad, similaridad y frecuencia

Medida	Estadística	Interpretación
Medida de disimilaridad métrica (Escala de intervalo o razón)	Distancia euclidiana Distancia euclidiana al cuadrado Distancia de Chebychev Distancia de Mahalanobis Distancia de Manhattan Distancia de Minkowski métrica Distancia en un poder métrico absoluto	Cuando la distancia es cero, quiere decir que no hay diferencia entre esos objetos; cuando una distancia es muy pequeña significa que los objetos que se comparan son parecidos y una distancia grande significa que son muy diferentes.
Medida de similaridad métrica (Escala de intervalo o razón)	Coseno Correlación Pearson	Cuando la correlación es cero quiere decir que no existe relación o parecido entre dichos objetos; cuando un objeto es igual al otro su valor será 1; una correlación muy pequeña significa que los objetos son poco parecidos; una correlación grande significa que son muy similares.
Medida de frecuencia (conteo)	Ji cuadrada Phi cuadrado	Cuando dicho valor es cero quiere decir que los objetos se parecen; un coeficiente pequeño significa que los objetos que se comparan son muy parecidos, mientras que un coeficiente grande significa que se los objetos son muy diferentes.
Medidas de similaridad/disimilaridad binaria (Escala Dicotómicas)	Aderberg's D Sokal y Sneath (3) Correlación phi Dispersión Lambda Distancia euclidiana Diferencia de tampaño o patrón Lance y Williams Shape Varianza, etc.	

Una vez que se ha elegido si el método es jerárquico o no, se comienza a evaluar que tan parecidos son los elementos para agruparlos por parejas, y el siguiente paso es evaluar

que tan parecido es esta nueva pareja con otros elementos para formar un nuevo grupo. Para evaluar todo lo anterior, es decir, lo parecido que llega a ser una pareja de objetos o un grupo con los restantes elementos que no se han fusionado se utilizan los llamados criterios de eslabonamiento.

Criterios de eslabonamiento (vinculación)

El eslabonamiento o conglomeración consiste en volver a establecer el grado de parecido de un nuevo grupo el resto de los elementos. Existen varias formas o criterios para volver a establecer ese grado de parecido:

- Promedio entre-grupos
- Promedio intra-grupos
- Simple o distancias mínimas (vecino más próximo)
- Criterio completo o distancias máximas (vecino más lejano)
- Método de Ward (varianza mínima)
- Método del centroide (centro de gravedad)
- Método de la mediana

Dendograma

El dendograma es un diagrama en cuyo eje horizontal/vertical aparecen los elementos agrupados, de preferencia en el orden en que se unieron, primero se van a agrupando los elementos más cercanos según las distancias calculadas o correlaciones. En el eje vertical/horizontal se manejan las medidas de distancia (o de similitud, según sea el caso) . en donde el punto inicial es el cero, debido a que se supone que cada elemento es un grupo y la relación de distancia consigo mismo es cero; las demás distancias se ordenan (hacia arriba del eje) según se unieron los diferentes segmentos. Finalmente el dendograma está formado por líneas que se unen a los elementos que se eslabonan en sus esquinas superiores, dichas líneas tienen una altura, la cual indica que el grado de similitud, es decir, es la distancia a la cual se unieron dichos elementos.

Una vez que se terminó el dendograma, a partir de este, se puede determinar tentativamente cuantos grupos se podrían tener como solución. Dejar todos los elementos en un solo grupo no tiene caso, a menos que la solución sea homogénea; tampoco tiene sentido tantos grupos como elementos. En ambos casos no conviene realizar el análisis de conglomerados. En el capítulo 5 desarrollaremos el análisis de conglomerados aplicado a este estudio.

Análisis de Correspondencias

Para Hair, Anderson, Tatham y Black (2007), el Análisis de Correspondencias (CA) es una técnica de interdependencia que se ha ido haciendo más popular para la reducción dimensional y la elaboración de mapas perceptuales. También dice este autor que es una técnica de composición debido a que el mapa perceptual se basa en la asociación entre objetos y un conjunto de características descriptivas o atributos especificados por el investigador. Así mismo, entre las técnicas de composición, el análisis factorial es el más parecido, pero el análisis de correspondencias va más allá del análisis factorial. Su aplicación más directa, según este autor, es la representación de la correspondencia de categorías de variables, particularmente aquellas medidas en escalas de medida nominal. Por lo que, esta correspondencia es la base del desarrollo de los mapas perceptuales. Además, los beneficios de CA se basan en sus capacidades únicas para representar filas y columnas, por ejemplo, etiquetas y atributos, en un mismo espacio.

Para desarrollar el CA, Hair et al. (2007) propone examinar la relación entre categorías de datos nominales en una tabla de contingencia (tabulación cruzada de dos variables categóricas), esta tabla permitirá identificar cualquier patrón de frecuencia para poder alguna afirmación entre variables. Posteriormente, se necesita una medida de estandarización de unidades de la variable en cuestión que considere simultáneamente la diferencias entre la otra variable. Acto seguido, podrán establecerse asociaciones entre variables si un grupo de una variable se localiza más cerca de un grupo, esto representado en una gráfica, en donde los más cercanos estarán más asociados y los más lejos del grupo estarán con asociaciones más bajas. Para estandarizar una variable el análisis de correspondencias, según este último autor, utiliza el concepto estadístico de chi-cuadrado para formar las asociaciones. Cabe destacar que la chi-cuadrado es una medida estandarizada de las frecuencias observadas de cada celda (entre columna y fila) con las frecuencias esperadas de celdas, pero en esta investigación no profundizaremos en la metodología teórica, solo tomaremos los resultados del paquete estadístico SPSS mas adelante. Los valores negativos de la chi cuadrada indican menos asociación (similitud) y los valores positivos indican una mayor asociación.

Condiciones del tamaño de la muestra

Para Hair et al. (2007), el tamaño de la muestra mínimo absoluto debe ser al menos tan grande como el número de covarianzas y correlaciones de la matriz de datos de entrada. Sin embargo, lo más habitual, según este autor, es un mínimo de al menos cinco encuestados para cada parámetro estimado. Pero aclara, que aunque no existe ningún criterio que dicte el tamaño de la muestra necesario, existe al menos cuatro factores que afectan a los requisitos del tamaño de la muestra: 1) mala especificación del modelo, 2) tamaño del modelo, 3) no cumplimiento de la normalidad y 4) procedimiento de estimación.

Requisitos que debe cumplir un instrumento de medición

Cabe destacar que en este trabajo de investigación se tomaron como referencia los conceptos propuestos por Hernández et *al.* (2006), como guías para desarrollar el instrumento de medición. Dichos conceptos fueron:

Medir: Asignar números, símbolos o valores a las propiedades de objetos o eventos de acuerdo con reglas.

Medición: Es el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos (respuesta observable, según RAE (2014) “relativo a la experiencia”).

Instrumento de medición: Recursos que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente. Bostwick & Kyte (2005), dicen que la función de la medición es establecer una correspondencia entre el “mundo real” y el “mundo conceptual”. El primero provee evidencia empírica, el segundo proporciona modelos teóricos para encontrar sentido a ese segmento del mundo real que estamos tratando de describir. Es importante recordar que este instrumento debe medir las variables contenidas en la hipótesis, así como recordar que esta medición es efectiva cuando el instrumento de recolección de datos en realidad representa a las variables que tenemos en mente.

Confiabilidad y validez

La validez se refiere al grado con que la información de apoyo sustenta las inferencias hechas a partir de las puntuaciones derivadas de las mediciones, o el grado hasta el cual la escala mide, en efecto lo que tiene el propósito de medir (Hayes 2008). La validez se puede medir a través del criterio, el contenido y el constructo mencionados por Hernández et *al.* (2006), los cuales se explican a continuación.

Validez de criterio: Se establece al validar un instrumento de medición al compararlo con algún criterio externo que pretende medir lo mismo. También se puede detectar al conocer que tan cercanamente las puntuaciones del instrumento se relacionan con otros resultados sobre el mismo concepto.

Validez del contenido: se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide. El dominio de contenido de una variable normalmente es definido o establecido por la literatura (teoría y estudios anteriores).

Evidencia sobre la validez del constructo: debe explicar el modelo teórico empírico que subyace a la variable de interés. La primera etapa es establecer y

especificar la relación teórica entre los conceptos (sobre la base del marco teórico), la segunda es correlacionar los conceptos y analizar cuidadosamente la correlación. La última etapa comprende la interpretación de la evidencia empírica de acuerdo con el nivel en el que clarifica la validez del constructo de una medición en particular.

Confiabilidad del instrumento de medición

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales. Existen diversos procedimientos para calcular la confiabilidad del instrumento de medición. Todos utilizan fórmulas que producen coeficientes de confiabilidad. La mayoría de estos coeficientes pueden oscilar entre cero y uno, donde un coeficiente cero significa nula confiabilidad y 1 representa un máximo de confiabilidad. Cuanto más se acerque el coeficiente a cero, mayor error habrá en la medición (Hernández et al. 2006). Según estos últimos autores, los procedimientos más utilizados para determinar la confiabilidad mediante un coeficiente son:

- Medida de estabilidad (confiabilidad por test-retest)
- Método de formas alternativas o paralelas
- Método de mitades partidas (Split-halves)
- Medida de consistencia interna (Alfa de Cronbach, coeficientes KR-20, KR-21, Spearman, etc.)

Dado que los dos primeros métodos requieren aplicarse dos veces y el tercero debe ser más largo porque repite los ítems, el método más común para realizar pruebas de confiabilidad a las escalas son las medidas de consistencia interna, ya que según Hernández et al. (2006), este método de cálculo requiere una sola administración del instrumento de medición, además de que su ventaja reside en que simplemente se aplica la medición y se calcula el coeficiente. La manera de calcular estos coeficientes y las correlaciones se explican a continuación, iniciando por el coeficiente de correlación de Pearson, posteriormente el coeficiente de confiabilidad de Alfa-Cronbach y finalmente la correlación de rango de Spearman por ser aplicable en parte de este estudio.

Correlación

Para Berk & Carey (2001), a veces es una ventaja expresar la intensidad de la relación entre una variable y otra en un número “sin dimensiones”, que no depende de una escala, llamando estos autores a este valor, correlación.

Coefficiente de correlación de Pearson

Para cuantificar el grado de influencia lineal entre las variables, entonces se debe utilizar el análisis de correlación el cual permite cuantificar el grado de la relación lineal entre variables, la cual se calcula de forma bivariada, es decir, entre dos variables (De la Garza et al. 2013). Esta correlación métrica se puede calcular mediante el coeficiente de correlación de Pearson, la cual es la medida más frecuente de correlación utilizada (Berk & Carey 2001), suele denotarse con la letra r y su fórmula es:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Dónde:

r = Coeficiente de correlación de Pearson

x = Primera variable

y = Segunda variable

n = Número de parejas de datos u observaciones

Estas correlaciones o coeficientes oscila entre 0 y 1, donde el coeficiente 0 significa nula confiabilidad y 1 representa un máximo de confiabilidad, aunque según Hernández et al. (2006), no hay regla que indique a partir de qué valor no hay fiabilidad del instrumento. Pero, según este autor, si se obtiene 0.25 en el coeficiente, esto indica baja confiabilidad; si el resultado es de 0.50, la fiabilidad es media o regular. En cambio, si supera 0.75 es aceptable, y si es mayor a 0.90 es elevada.

Cálculo del coeficiente de confiabilidad de Alfa-Cronbach

De acuerdo con Carmines y Zeller (1988), así como Corbetta (2003), referidos por Hernández et al. (2006), existen tres procedimientos para determinar el coeficiente “ α ” o alfa:

1. Sobre la base de la varianza de los ítems, con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{N}{(N - 1) \left[\frac{1 - \sum s^2(y_i)}{s^2x} \right]}$$

En donde:

N = representa el número de ítems de la escala, " $\sum s^2(y_i)$ " es igual a la sumatoria de las varianzas de los ítems y " s^2x " equivale a la varianza de toda la escala.

2. Sobre la base de la matriz de correlación de los ítems, el procedimiento sería:

- Se aplica la escala.
- Se obtienen los resultados.
- Se calculan los coeficientes de correlación r de Pearson entre todos los ítems (todos contra todos de par en par).
- Se elabora la matriz de correlación con los coeficientes obtenidos.
- Se calcula $\bar{p}$ (promedio de las correlaciones).

$$\bar{p} = \frac{\sum P}{NP}$$

Donde $\sum P$ es la sumatoria de los valores de las correlaciones y NP es el número de correlaciones no repetidas a no excluidas.

- f) Se aplica la fórmula siguiente:

$$\alpha = \frac{N\bar{p}}{1 + \bar{p}(N - 1)}$$

En donde N es el número de ítems y $\bar{p}$ el promedio de las correlaciones entre ítems.

El resultado se evalúa entre los valores el 0 y 1, para determinar si el coeficiente es aceptable o no según se comentó anteriormente.

3. Mediante otra fórmula que se basa en la correlación promedio (Corbetta, 2003) referido por Hernández et al. (2006).

$$\alpha = \frac{nr}{1 + r(n - 1)}$$

Donde n representa el número de ítems o elementos de la escala y r es su correlación promedio.

Cabe destacar que el paquete estadístico SPSS 18, calcula la fórmula 2, llamándola "Alpha de Cronbach a partir de Varianzas", y la fórmula 3, como "Alpha de Cronbach

estandarizado”, a partir de los cálculos mostrados en la “Matriz de correlación inter-elementos”

La proximidad expresa la semejanza que existe entre individuos o variables. Es decir, es el grado de asociación que existe entre ellos. Las proximidades pueden medir la distancia o similitud entre individuos o variables. Es así que Pérez (2004), menciona que la correlación de Pearson y los coeficientes de Spearman y de Kendall, son índices de similitud, así como los coeficientes de asociación lambda, tau, etc.

Hernández et al. (2006), dice que se debe considerar que el coeficiente que se elija para determinar la confiabilidad debe ser apropiado al nivel de medición de la escala de la variable. Por ejemplo, si la escala de la variable es por intervalos, debe utilizar el coeficiente de correlación de Pearson; pero si es **ordinal se debe utilizar el coeficiente de Spearman** o de Kendall; y si es nominal, otros coeficientes). Alfa trabaja con variables de intervalos o de razón y KR-20 Y KR-21 con ítems dicotómicos.

La correlación de rango de Spearman

Tal y como se mencionó anteriormente el coeficiente de Pearson no está exento de problemas. Puede ser susceptible a la influencia de los resultados aislados del conjunto de datos y supone una relación de línea recta entre las dos variables. En presencia de resultados aislados o de una relación curvada, la r , de Pearson no detecta una correlación significativa. En esos casos, es mejor usar una medida no paramétrica de correlación, la correlación de rango de Spearman (r_s). Los valores observados se sustituyen con sus rangos y se calcula el valor de (r_s) sobre estos. La correlación de rango de Spearman, al igual que numerosas pruebas no paramétricas, es menor susceptible a la influencia de los resultados aislados y es mejor que la correlación de Pearson para las relaciones no lineales. La desventaja de las correlaciones de Spearman es que no es tan potente como la correlación Pearson para detectar correlaciones significativas en situaciones donde las suposiciones paramétricas se satisfacen (Berk & Carey 2001).

La correlación de rangos de Spearman (Mendenhall & Sincich 1997), se puede considerar como una alternativa al coeficiente de correlación r del momento de productos de Pearson, dado que se puede calcular un coeficiente de correlación basado en rangos. El coeficiente de correlación de rangos de Spearman, denotado como r_s , puede servir para probar la existencia de una correlación de rangos entre dos variables, y y x . Este coeficiente se calcula ordenando primero y asignando rangos a los valores de cada variable en forma independiente (los empates se resuelven promediando los rangos empatados). Luego se calcula r_s , exactamente de la misma manera que el coeficiente de correlación de Pearson r ; la única diferencia es que los valores de x y y que aparecen en la fórmula r se sustituyen por rangos. Es decir, se usan los rangos de los datos originales

para calcular r_s , en lugar de los datos originales mismos. Si no hay empates en los rangos (o hay pocos), esta fórmula se reduce la expresión sencilla:

$$r_s = 1 - \left[\frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \right]$$

Donde d_i , es la diferencia entre el rango de y y de x para la i -ésima observación.

Correlación y causalidad

Una correlación indica la relación entre dos variables sin suponer que una alteración en una cause un cambio en la otra (Berk & Carey 2001).

Correlación y causalidad son conceptos asociados pero distintos según Hernández et al. (2006), ya que dice este autor que si dos variables están correlacionadas, ello no necesariamente implica que una será causa de la otra. Es decir, no todas las correlaciones tienen sentido y no siempre que se encuentra una correlación puede inferirse causalidad.

En el caso de variables cualitativas la falta de independencia suele denominarse asociación, y el análisis del grado de asociación entre variables cualitativas tiene fuerte incidencia en la estadística de atributos (Pérez 2006). Se dice que dos atributos A y B son independientes cuando entre ellos no existe ningún tipo de influencia mutua. Si dos atributos, A y B, son independientes estadísticamente, la frecuencia relativa conjunta será igual al producto de las frecuencias marginales respectivas.

Capítulo 4 Metodología de la Investigación

Una vez definido el objetivo, el alcance del estudio y la indagación en literatura para conocer la forma en que se mide el desempeño logístico, se realizaron investigaciones de campo en tres industrias de transformación de plástico, donde se encontraron causas comunes que ocasionaban entregas tardías de pedidos de los clientes (no-OTD). En esta actividad empírica se encontraron factores logísticos internos y externos que afecta la garantía del tiempo de entrega, referidos por Qian (2013). Es así, que con la información recolectada se procedió a elaborar un instrumento de recolección de la información que midiera la frecuencia y relación entre las causas detectadas en dichas industrias.

Este instrumento de recolección de la información contiene 4 ítems para la identificación de la empresa (categóricas) y cuenta con dos secciones *factores externos* y *factores internos*. Estas causas se han agrupado según el área operativa que interviene en cualquier proceso de entrega de órdenes de los clientes (PEOC), como por ejemplo: proveedores, producción, almacén-logística.

Como factores o causas externas tenemos otros sub-clasificación de causas: 14 ítems relacionados con los diferentes materiales que se suministran en el proceso de transformación del plástico y sus respectivos materiales de empaque y embalaje; 8 ítems relacionados con dificultades de los proveedores. Por otro lado, como *factores o causas internas* tenemos 6 causas (ítems) originadas por el área producción y otros 6 para las causas relacionadas con el área de logística.

Una vez diseñado el instrumento y pasado por sus pruebas de validez con tres personas, dos gerentes de logística y un delegado del sector plástico en Canacintra-Puebla, se aplicó la encuesta en 34 industrias, de las cuales 30 fueron respondidas oportunamente, dos eliminadas por estar incompletas y tres pendientes de procesar.

Como se mencionó anteriormente, se aplicó un instrumento de recolección de información a empresas proveedoras de productos terminados o componentes para otros ensambles en la industria automotriz, línea blanca, equipo médico, electrónica, etc. Estas empresas variaban entre el tamaño de la empresa, la nacionalidad de la inversión inicial y el nivel de proveeduría que ocupa en la cadena de suministro.

Posteriormente, para el análisis de datos se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS 18 y Minitab 14. De los cuales se aplicaron los análisis de estadística descriptiva, componentes principales y conglomerados (clusters) para reducir las causas y analizar las relaciones de estas causas.

Después de un análisis de los datos de cada una de las secciones y técnicas multivariantes antes mencionada, concluiremos con una síntesis de los resultados para alcanzar los objetivos planteados. Y como parte final, se presentan conclusiones, anexos y referencias utilizadas.

Capítulo 5 Recolección de la Información

Selección de la muestra

Para esta análisis se tomó una muestra de $n=30$ industrias dedicadas a la transformación de plástico de la localidad. Ya que a través de una muestra, se refleja las características, similitudes y diferencias encontradas en una población, a partir de la observación de una parte de la población (Münch & Ángeles 1998). Tales industrias fueron tomadas del directorio generado por el GAP del Plástico del Estado de Puebla en el año 2009 (en el anexo 8, se encuentran los nombres de las empresas muestreados). La muestra fue seleccionada a partir de $N=73$ industrias donde predominan la producción de productos para el hogar ya que es el producto de mayor consumo a nivel nacional. Sin embargo, también se presentan resultados de algunas empresas de proveedoras de la industria automotriz, al igual de otras que requieren alto nivel de calidad de sus productos. Es de destacar que los datos fueron recolectados en el período que va desde el 1 de Abril al 18 de Julio del año 2014.

Para la selección del tamaño de la muestra de esta investigación se utilizaron criterios estadísticos basándonos en la propuesta de Münch & Ángeles (1998), tomando el tipo de muestreo probabilístico, el cual parte de la suposición de que cada elemento de la población tiene la misma probabilidad para ser seleccionado en la muestra. Este autor, menciona que es el tipo de muestreo más adecuado, ya que sus procedimientos son más científicos debido a que se basan en la ley de los grandes números y el cálculo de probabilidades. También se consideró el muestreo aleatorio simple sin remplazo ya que los encuestados contestaron una sola vez.

Muestreo aleatorio simple

Las etapas para determinar el tamaño de la muestra en el muestreo aleatorio simple, que es el más usual, propuestos por Münch & Ángeles (1998), son los siguientes:

1. Determinar el nivel de confianza con el que se desea trabajar.
 $X=1\sigma$ o el 66% de confianza
 $X=2\sigma$ o el 95% de confianza
 $X=3\sigma$ o el 99% de confianza
2. Estimar las características del fenómeno investigado. Para ello se determina la probabilidad de que se realice el evento (p) o la de que no se realice (q); cuando o se posea suficiente información de la probabilidad del evento, se le asignan los máximos valores:

$$p = .50 \quad q = .50$$

donde la suma de $p + q$ siempre debe ser igual a 1.

3. Determinar el grado de error máximo aceptable en los resultados de la investigación. Éste puede ser hasta del 10%, ya que variaciones superiores al 10% reducen demasiado la validez de la información.
4. Se aplica la fórmula del tamaño de la muestra de acuerdo con el tipo de población.
 - Infinita: Cuando no se sabe el número exacto de unidades del que está compuesta la población.
 - Finita: Cuando se conoce cuántos elementos tiene la población.

Para cada tipo de población, según Münch & Ángeles (1998), se utiliza una fórmula distinta.

Fórmulas para poblaciones infinitas:

$$n = \frac{pq}{e^2}$$

En donde:

e = error de estimación

n = tamaño de la muestra

p = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

Fórmula para poblaciones finitas:

$$n = \frac{z^2 pq N}{Ne^2 + Z^2 pq}$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

p = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

e = error de estimación

Z = nivel de confianza

N = población

Error de estimación

El error de estimación se utiliza con dos finalidades:

- Estimar la precisión necesaria
- Determinar el tamaño de muestra más adecuado.

Para calcular el error de estimación con un nivel de confianza del 95% o 2σ , se aplica la siguiente fórmula:

$$e = \frac{3.84 pq}{n}$$

En donde:

e = error de estimación

n = tamaño de la muestra

p = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

Cálculo de la muestra

La población objeto de estudio es una población infinita, ya que Miranda et al. (2009), menciona que según el Instituto Mexicano de Plástico Industrial, en el mundo existen alrededor de 100,000 empresas dedicadas a la transformación de plásticos. Por esta razón, se eligió la formula de la población infinita para medir la cantidad de encuestas que serán aplicadas en el trabajo de campo.

Al calcular la fórmula para poblaciones infinitas se obtuvo una muestra de 25 encuestas al aplicar:

$$n = \frac{pq}{e^2}$$

Datos 1:

e = 10 % error de estimación

p = 50 % probabilidad de éxito¹

q = 50% probabilidad de fracaso (1- p)

Sustitución:

$$n = \frac{(.5)(.5)}{.10^2}$$

Resultado:

$$n = 25 \text{ encuestas}$$

¹ Según Bernabe (2003), cuando la probabilidad de que ocurra el evento p y la probabilidad de no ocurrencia q , no son conocidas, se deben tomar valores que permitan el mayor producto de ambos. Donde p es la probabilidad de que los datos de la muestra sean representativos de la población y la información obtenida sea verdadera, por lo que q es la probabilidad de fracaso, en el caso de que los datos que se obtengan a partir de la muestra sean incorrectos. Por lo tanto, se selecciona $p=0.50$ y $q=0.50$, debido a:

p	q	pq
0.10	0.90	0.090
0.20	0.80	0.160
0.30	0.70	0.210
0.40	0.60	0.240
0.50	0.50	0.250

Datos 2:

$e = 5\%$ error de estimación

$p = 50\%$ probabilidad de éxito

$q = 50\%$ probabilidad de fracaso ($1 - p$)

Sustitución:

$$n = \frac{(.5)(.5)}{.05^2}$$

Resultado:

$n = 100$ encuestas

Sin embargo, este último resultado al nivel de confianza de 95% es muy elevado y la población de la localidad no es mayor a 100 empresas, fue conveniente determinar el tamaño de la muestra con la fórmula de poblaciones finitas.

Fórmula para el tamaño de muestra finita:

$$n = \frac{z^2 pq N}{Ne^2 + Z^2 pq}$$

Datos 3:

$n = X$ número de encuestas buscado

$p = 50\%$ probabilidad de éxito

$q = 50\%$ probabilidad de fracaso

$e = 10\%$ error de estimación (representa la

$Z = 1.65$ (tabla de distribución normal para el 90% nivel de confiabilidad)

$N = 73$ industrias de transformación de plástico en la localidad

Recordemos que, como p y q no son conocidos deben tomar valores que permitan el mayor producto entre ambos. Donde p es la probabilidad de que los datos de la muestra sean representativos de la población y la información obtenida sea verdadera y q es la probabilidad del fracaso en el caso de que los datos se obtengan a partir de la muestra sea incorrectos (Bernabe 2003).

Sustitución:

$$n = \frac{1.65^2 (.5)(.5)73}{73(.10^2) + 1.65^2 (.5)(.5)}$$

$$n = 35.2$$

Resultado:

$n = 35$ encuestas, pero dadas la dificultad de aplicación sólo se logró el resultado de 30 encuestas aplicadas, obteniendo el 41.10 % de representación de la población local.

Una vez obtenido el tamaño de la muestra se procedió a la recolección de datos cuantitativos, a través de ciertas actividades que se muestran continuación.

Recolección de los datos

Una vez que definimos el objetivo de estudio y la muestra adecuada, la siguiente actividad fue recolectar datos pertinentes de acuerdo con nuestra hipótesis.

Como se mencionó anteriormente una vez que se detectaron en tres industrias ciertas causas que ocasionan dificultades para cumplir con precisión la fecha de entrega de órdenes de los clientes, se procedió a elaborar un instrumento de recolección de la información para determinar la frecuencia de estas causas.

El método de recolección fue a través de entrevistas utilizando un cuestionario, las repuestas de los cuestionarios fueron vaciando en una matriz de datos, para posteriormente realizar el análisis de datos. Cabe destacar que se elaboraron cartas de presentación para cada industria con el fin de explicar los motivos de la investigación, dicha carta se puede observar en el anexo 7.

Diseño del instrumento de medición (encuesta)

En el anexo 9, se muestra la encuesta aplicada. Esta encuesta estaba dividida en tres secciones, la primera era una identificación del tipo de empresa, la segunda sección media la frecuencia que ocasionaban dificultades las dimensiones de la incertidumbre de la demanda, los materiales y acciones de los proveedores. En la tercera sección, se ordenaban las causas de no-entregas a tiempo de una manera categórica, este dividida en dos dimensiones: causas originadas en el área de producción y causas originadas por el área logística.

Primera sección: Clasificación de Industria

Tipo de escala: nominal o clasificatoria. Se emplea para referirse a los datos que sólo pueden clasificarse en categorías, cada una de éstas se considera como mutuamente excluyente (dos o más observaciones no podrán pertenecer a varias categorías) y colectivamente exhaustiva (todos los valores deberán estar contenidos en alguna categoría con respecto a las demás, según De la Garza et *al.* 2013).

En esta primera sección se identifica el origen de la empresa (mexicana, norteamericana, europea, asiática u otra); posteriormente el tamaño de la empresa (micro, pequeña, mediana o grande); y por último el nivel de proveedor que ocupa en la cadena de suministro (Tier 0, 1,2, 3 u otro). Esta sección de la encuesta se muestra en la Ilustración 5-1.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PUEBLA

Objetivo: Estudiar los factores relacionados con el servicio de entrega de productos

Instrucción: Marque por favor, el nivel que corresponda a cada una de la siguientes preguntas.

Su empresa es de origen..

☐ Mexicana ☐ Norteamericana ☐ Europea ☐ Asiática ☐ Otro

Indique el tamaño de su Organización según el número de trabajadores:

☐ Micro (<10) ☐ Pequeña (11 a 49) ☐ Mediana (50 a 249) ☐ Grande (>250)

Indique el nivel de proveedor que ocupa en la cadena de suministro

☐ Tier 0 ☐ Tier 1 ☐ Tier 2 ☐ Tier 3 ☐ Otro

Ilustración 5-1 Primera sección de la encuesta, Identificación.

Segunda sección: Frecuencia de causas externas

Tipo de escala: ordinal o de rango. Esta sección de la encuesta utiliza escala tipo ordinal o de rango ya que en este tipo de escala cada categoría es mayor que la siguiente, es conocida como tipo cualitativo y obliga a las personas a realizar una jerarquización mental. En este tipo de pregunta, cada opción genera una variable, y los valores son cualitativos (primer lugar, segundo lugar, etc.), así que se genera una relación de mayor a menor entre las categorías (De la Garza et al. 2013). También es conocido como escalamiento Likert (Hernández et al. 2006).

Como se mencionó anteriormente, en la segunda sección de la encuesta se divide en tres en dimensiones: 1) Frecuencia de incertidumbre de la demanda según el tipo de cliente, 2) Frecuencia según el tipo de material que ocasionaba dificultades en la entrega, 3) Frecuencia de causas por las que el proveedor le ocasiono retrasos.

En esta sección encuestada debía de responder la frecuencia con que se presenta cada situación, indicando el peso a cada opción:

1. Nunca
2. La mayoría de las veces no
3. Algunas veces sí, otras veces no
4. La mayoría de las veces si
5. Siempre

En la primera parte de esta sección se le preguntaba al encuestado que indicara la frecuencia con que se presenta la incertidumbre de la demanda según su tipo de cliente, las opciones eran: Automotriz Alemana, Estadounidense y Japonesa, Electrónico, Línea Blanca, Equipo Médico, Productos para el Hogar, Envases u Otro. Cabe destacar que en esta sección por no ser relevante sino más bien clasificatoria, no se hizo ninguna prueba de confiabilidad.

Dimensión: Factor externo de proveeduría de materiales

Posteriormente, el entrevistado debía distinguir con qué frecuencia los diversos materiales proporcionados por sus proveedores, le ocasionaban dificultades para cumplir con las entregas de los clientes. Las materias primas especiales para la transformación del plástico son: resina commodity o virgen, resina especializada, masterbatch, pigmentos, pintura para plástico (exterior) y peletizado (reciclado). El material común para el empaque en este sector es: poliestrech (emplayar), poliburbuja, bolsas de nylon, cajas de cartón, separadores de cartón y contenedores o rack. También, se incluyeron algunos suministros especiales, las cuales son: partes para subensamble metálicos proporcionada también por proveedores y los laboratorios de pruebas (apariencia, funcionalidad y resistencia para el plástico), los cuales son muy escasos en la localidad y no existen en la localidad para pruebas automotrices. Tales materiales y su codificación se muestran en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1 Codificación de ítems relacionados con materiales

Instrucción:	
<i>De los siguientes proveedores, ¿Qué tanto le CAUSAN a su organización, dificultades para cumplir las entregas a sus clientes?</i>	
Ítems	codificación
resina commodity o virgen	M1
resina especializada	M2
masterbatch	M3
pigmentos	M4
pintura para plástico	M5
peletizado	M6
poliestrech	M7
poliburbuja	M8
bolsas de nylon	M9
cajas de cartón	M10
separadores de cartón	M11
contenedores o rack	M12
partes para subensamble metálicos	M13
laboratorios de pruebas (apariencia, funcionalidad, resistencia, etc.)	M14

En esta tabla se muestran los diversos tipos de materiales comunes de las tres industrias que se tomaron como referencia para este estudio.

Por ser causas relevantes, a esta sección se le aplicó el procedimiento de medida de consistencia interna (Alfa de Cronbach) para calcular la confiabilidad del instrumento de medición. Los resultados obtenidos del software PASW Statistics 18, mostrados en la Tabla 5-2, demuestra una estabilidad alta para esta escala con un valor de .844 de dicho coeficiente de Alpha de Cronbach.

Tabla 5-2 Resultados de la prueba de confiabilidad de la sección de materiales.

Alfa de Cronbach	Estadísticos de fiabilidad	N de elementos
	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	
.842	.844	14

Dimensión: Factor externo de causas proveedor

En esta dimensión, se le preguntó al participante que tan frecuente no entregara pedidos de los clientes a tiempo debido a diferentes contratiempos derivadas del proveedor, las cuales se muestran en la Tabla 5-3. Así como los resultados de la prueba de confiabilidad de la escala de medición.

Tabla 5-3 Codificación de ítems relacionados con actividades de los proveedores

Instrucción:		
<i>Del proveedor que le causa más dificultades para cumplir con las ordenes de entrega, ¿Qué tan frecuente se debe a...</i>		
Ítems		codificación
	que el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso?	S1
	el proveedor excede el tiempo de entrega acordado?	S2
	el proveedor actual no cuenta con niveles suficientes de inventario?	S3
	la falta de proveedores nacionales de resina?	S4
	el proveedor no cumple con los requerimientos, aunque se le envíe el pronóstico anual anticipadamente	S5
	que el tamaño mínimo de venta es mucho más grande que la cantidad requerida?	S6
	la cantidad enviada de materia prima no corresponde a lo requerido?	S7
	el cambio release por parte del proveedor?	S8

Por ser causas relevantes, a esta sección se le aplicó el procedimiento de medida de consistencia interna (Alfa de Cronbach) para calcular la confiabilidad del instrumento de medición. Los resultados obtenidos del software PASW Statistics 18, mostrados en la Tabla 5-4. Donde, también se indica una estabilidad alta para esta escala.

Tabla 5-4 Resultados de la prueba de confiabilidad de la sección de proveedores.

Alfa de Cronbach	Estadísticos de fiabilidad	N de elementos
	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	
.854	.858	8

Tercera sección: Frecuencia de causas internas

Dado que es muy difícil recolectar la frecuencia en cada industria de las causas que ocasionan retrasos en la entrega de pedidos de los clientes, en esta tercer sección se diseñó un instrumento que permitiera identificar cual causa era la más crítica dando una secuencia de 1 a la causa que ocupaba el primer lugar, dos al segundo y así sucesivamente hasta las 6 opciones analizadas. Este tipo de escala pertenece al tipo de escala ordinal o de rango.

Tipo de escala: ordinal o de rango. Esta sección de la encuesta utiliza escala tipo ordinal o de rango ya que en este tipo de escala cada categoría es mayor que la siguiente, es conocida como tipo cualitativo y obliga a las personas a realizar una jerarquización mental. En este tipo de pregunta, cada opción genera una variable, y los valores son cualitativos (primer lugar, segundo lugar, etc.), así que se genera una relación de mayor a menor entre las categorías según De la Garza et al. (2013).

Esta sección ha sido clasificada como causas internas se ha dividido en dos dimensiones, en la primera se agruparon las causas originadas por el área de producción y en la segunda dimensión las causas internas originadas por las actividades logísticas.

Dimensión: Factor interno de causas producción

En esta dimensión, se le preguntó al participante que categorizara las causas, dando el valor de 1 a la causa más frecuente, 2 a la de menos valor, y así sucesivamente. Las codificaciones y las causas se muestran en la tabla Tabla 5-5. Así como los resultados de la prueba de confiabilidad de Spearman se muestran posteriormente al terminar de mostrar la codificación de las causas logísticas.

Tabla 5-5 Codificación de ítems relacionados con las causas de producción

Instrucción	
<i>Escriba 1 a la causa más frecuente originada en el área de PRODUCCIÓN, la cual ocasiona discrepancias en el cumplimiento de la entrega a sus clientes; el 2 en la que sigue, y así sucesivamente.</i>	
Ítems	codificación
no seguimiento al programa de producción o MRP (Planeación de Requerimiento de Materiales)	P1
mala programación por no considerar desperdicios (scrap, mermas por purga, etc.)	P2
la capacidad instalada insuficiente	P3
el exceso de producción de productos no requeridos	P4
el tiempo de preparación de la máquina por cambio de orden	P5
el exceso de tiempo programado para la inspección de productos	P6

Dimensión: Factor interno de causas logística

En esta dimensión, se le preguntó al participante que categorizara las causas, dando el valor de 1 a la causa más frecuente, 2 a la de menos valor, y así sucesivamente. Las codificaciones y las causas se muestran en la Tabla 5-6.

Tabla 5-6 Codificación de ítems relacionados con las causas de logística

Instrucción	
<i>De las siguientes circunstancias por parte del área logística. Escribe el número 1 a la causa que más ocasiona discrepancias en la entrega; 2 en la que sigue y así sucesivamente.</i>	
Ítems	codificación
inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas	L1
inexactitud del inventario (estimado-real)	L2
demoras por un inadecuado sistema de identificación de inventario	L3
inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido	L4
falta de contenedores proporcionados por los clientes	L5
atender otros pedidos pendientes de entregar	L6

Los cálculo de coeficiente de correlación de rangos de Spearman de la escala correspondiente a causas de producción y logística, se muestran en la Tabla 5-7, en donde se observa que la prueba de confiabilidad sugerida por Hernández et al. (2006), para escalas ordinales es del .858, valor muy cercano al 1, lo que significa que hay alta correlación entre los datos de las causas de producción “P” y logística “L”.

Tabla 5-7 Resultados de la prueba de confiabilidad de la sección de causas internas originadas por el área de producción y logística.

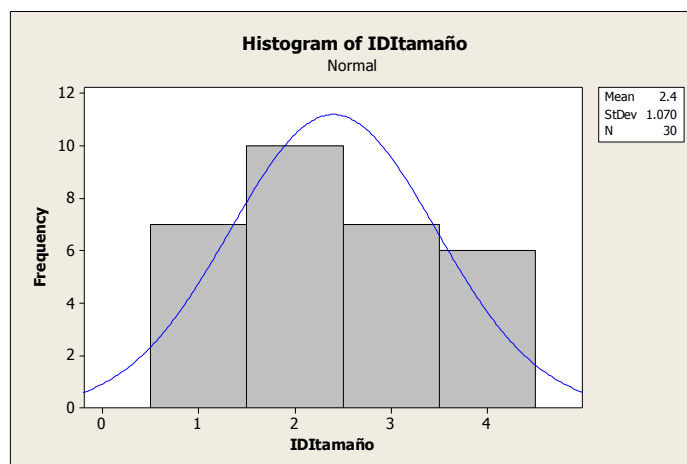
		Medidas
Iteraciones		4033
Bondad de ajuste	Dispersión explicada	.9997801
	Varianza explicada	.9729551
	Órdenes de preferencia recuperados	.7644444
	Rho de Spearman	.8581755
	Tau-b de Kendall	.7927206
Coeficientes de variación	Variación de las Proximidades	.5352570
	Variación de las Proximidades transformadas	.2820992
	Variación de las Distancias	.8988129

Capítulo 6 Análisis de Datos

Estadística descriptiva Análisis de frecuencia

Frecuencia tamaño

Utilizando la estratificación oficial de la Secretaría de Economía (2009), se puede observar que las industrias de plástico encuestadas están distribuidas en similar cantidad. En la Ilustración 6-1, se muestra la frecuencia del tamaño de las empresas según la clasificación 1 (micro), 2 (pequeña), 3 (mediana) y 4 (grande). En dicha gráfica puede observarse que la moda corresponde al tamaño de empresa mediana y las empresas grandes fueron las menos frecuentes.

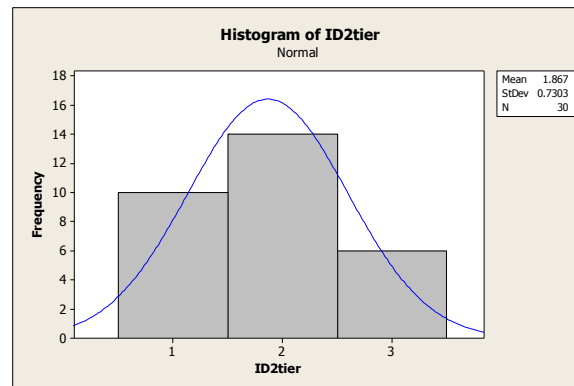


Tamaño de la empresa:
1 Micro
2 Pequeña
3 Mediana
4 Grande

Ilustración 6-1 Histograma del tamaño de las industrias analizadas.

Frecuencia nivel de proveeduría en la cadena (Tier)

Por definición, un proveedor de nivel 1 es un fabricante que ofrece productos directamente a una empresa sin tener que lidiar con un intermediario o de otros fabricantes (Katcon 2013). Es así que en la Ilustración 6-2, se muestra la frecuencia del nivel de proveedor (tier) que ocupan las empresas encuestadas en la cadena de suministro. Se puede observar que el nivel 2 de proveeduría (tier 2) es el que más veces sucede, y menor es el nivel de proveeduría 1, ya que son los que entregan directamente al cliente. Sin embargo, en la gráfica se muestra que la mayoría no entregan directamente al cliente, ya que muchas de estas industrias son proveedores de componentes plásticos de otras empresas ensambladoras.

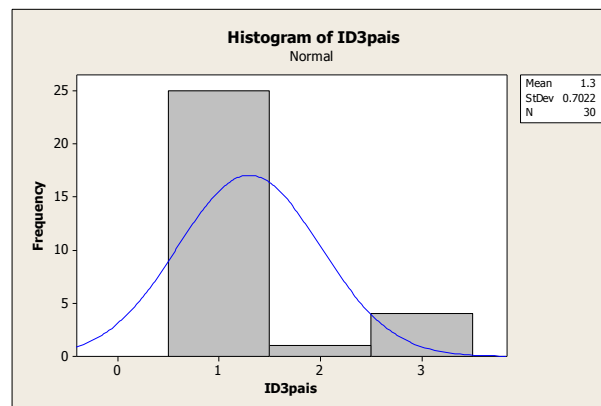


Nivel de proveeduría en la CS:
1 primer eslabón
2 segundo eslabón
3 tercer eslabón suministro.

Ilustración 6-2 Histograma del nivel de proveeduría.

Frecuencia nacionalidad

En la Ilustración 6-3, podemos ver que la mayoría de las empresas encuestadas son mexicanas, mismas que fueron más accesibles a responder a nuestro estudio, que las empresas extranjeras.



Origen de las empresas:
1 Mexicana
2 Norteamericana
3 Europea

Ilustración 6-3 Histograma de nacionalidad de las empresas.

Frecuencia por tipo de producto

En la Ilustración 6-4 podemos observar que hemos agrupado a las industrias encuestadas según el nivel de especialización de los productos plásticos manufacturados; estas agrupaciones (baja, mediana y alta especialización), se inspiraron en el Estudio de articulación de la cadena productiva de plásticos en el Estado de Puebla (Miranda et al. 2009). Es así que los productos de los proveedores de la industria automotriz, línea blanca, electrónica y equipo médico, requieren de más alta precisión en las especificaciones, que los productos para el “hogar” (precisión media) y los “otros” productos (productos con

requerimientos mínimos de calidad como tubos, mangueras, contenedores, juguetes económicos, etc.). Cabe destacar que esta agrupación se inspiró en la descripción de productos

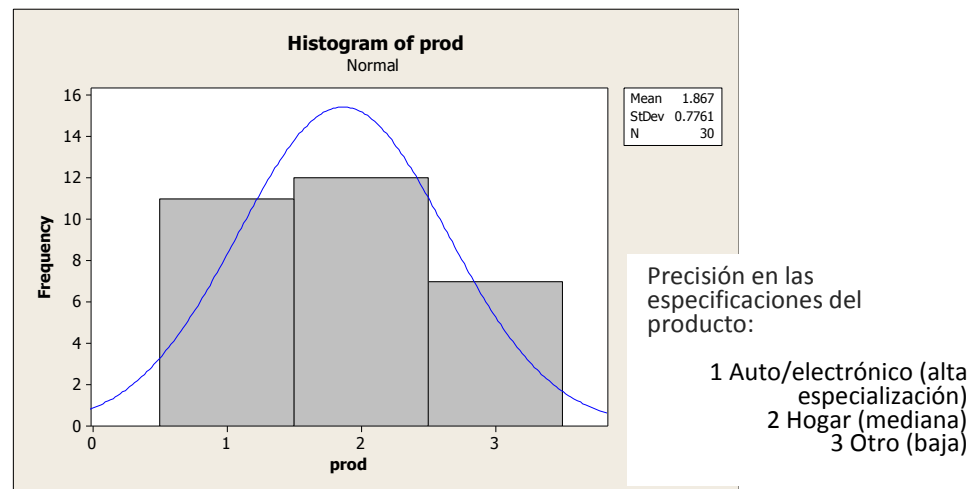


Ilustración 6-4 Histograma del tipo de precisión de los productos que elaboran las empresas encuestadas.

En la siguiente

Ilustración 6-5, se muestra que 36.7% de los encuestados ofrecen productos de alta precisión, el 40.0 % productos para el hogar (mediana precisión) y finalmente, el 23.3% corresponde a otros tipos de productos (baja precisión).

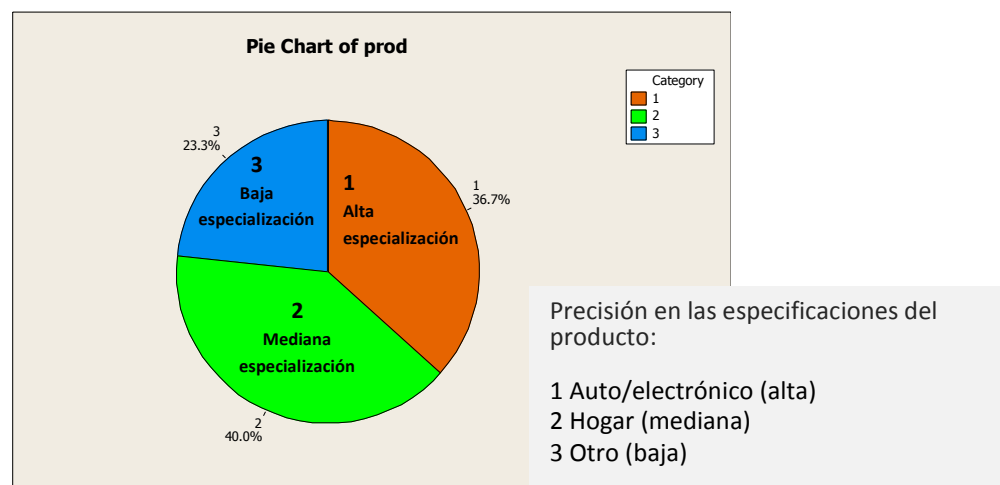


Ilustración 6-5 Porcentaje de participación de las empresas encuestadas, según la precisión de los productos que elaboran.

Análisis descriptivo de la frecuencia de causas, según el tipo de material

En la Tabla 6-1, se muestra la estadística descriptiva de los materiales más comunes utilizados en la industria de transformación de plástico de la localidad estudiada. Dichos materiales han sido clasificados en materiales especiales del plástico, materiales para el empaque y embalaje y un tercera parte de insumos especiales como lo son componentes metálicos y laboratorios de pruebas especiales para el plástico los cuales los clasificamos como “terceros”.

Tabla 6-1 Resultados de los estadísticos de las causa de no entregas a tiempo llamada “tipo de material”.

	Material especial para plástico						Material de empaque						Tercero	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
Media	1.37	1.67	1.30	1.17	1.87	1.40	1.37	1.37	1.23	1.63	1.53	1.87	1.50	1.27
Desv. típ.	.615	1.124	.877	.531	1.224	1.037	.718	.850	.504	1.098	1.106	1.279	1.042	.785
Rango	2	4	4	2	4	4	3	3	2	4	4	4	4	4
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Máximo	3	5	5	3	5	5	4	4	3	5	5	5	5	5
Suma	41	50	39	35	56	42	41	41	37	49	46	56	45	38

Codificación

M1	resina commodity o virgen
M2	resina especializada
M3	masterbatch
M4	pigmentos
M5	pintura para plástico
M6	peletizado
M7	poliestrech
M8	poliburbuja
M9	bolsas de nylon
M10	cajas de cartón
M11	separadores de cartón
M12	contenedores o rack
M13	partes para subensamble metálicos
M14	Laboratorios de pruebas (apariencia, funcionalidad, resistencia, etc.)

Cabe destacar que los valores de **medias** de este grupo de causas de materiales, mostrados en la tabla 6-1, son los valores más bajos entre los otros grupos de causas que se mostraran más adelante, esto debido a que la mayoría de las respuestas corresponden “1=nunca” o “2=la mayoría de las veces no”, ciertos materiales causan dificultades para cumplir las entregas de sus clientes. Sin embargo, en la Ilustración 6-6 se observa que si existen algunos encuestados que respondieron “3=algunas veces sí, otras veces no”, “4=la mayoría de las veces sí” y algunos “5=siempre”. Esto también se puede apreciar en la tabla

6-1 , en los valores más altos de las medias (M2, M5 y M12) los cuales también tiene los valores más altos en sus **desviaciones estándar**, lo que significa que hubo más variación en las respuestas.

Los resultados de los **rangos** más bajo (calculados a partir de la diferencia de valor máximo y mínimo) muestran que hubo más concordancia entre las causas M1, M4 y M9, como causas que “nunca” o la “mayoría de las veces no” ocasionaban retrasos en las entregas a tiempo. Esto quiere decir que el suministro de resina commodity, los pigmentos y las bolsas de nylon, no son problemas en el sector plástico.

Pero, dado que los valores de media, desviación estándar y rangos, no permiten apreciar la variación y la comparación entre estas causas, se consideró la **suma** de las respuestas para detectar cual causa ocasionaba más discrepancias en la entrega. Recordemos que el valor menor 1, corresponde a “nunca” es una causa de entregas tardía y que el valor 5 de respuesta es el que “siempre” causa retrasos, por lo tanto, los resultados con mayor sumatoria podrían ser los materiales que más ocasionan dificultades en la entrega.

En dicha Tabla 6-1 se puede observar que entre los materiales especiales del plástico, la pintura para plástico (M5=56) ocupa el primer lugar según la sumatoria de las respuestas, seguido por la resina especializada (M2 = 50). Sin embargo, los rangos son valores altos de 4, lo que significa que hubo respuestas que respondieron como mínimo 1 o “nunca”, pero también hubo respuestas con respuesta máxima de 5, por lo que en algunas industrias esta “siempre” tienen retrasos debido a la falta de estos materiales.

Sobre los materiales de empaque y embalaje, tenemos que los contenedores o rack (M12=56), ocupan el primer lugar según su sumatoria de las respuestas y el segundo lugar las cajas de cartón (M10=49), los cuales también tuvieron un valor muy alto en los rangos (4), es decir amplia variación de las opciones de respuesta.

En el sector se cree que la falta de proveedores nacionales de resina commodity o virgen (M1) es un impedimento para el desarrollo local, pero según este estudio, se demuestra que esta falta de abastecimiento nacional, no afecta a las entregas a tiempo de los pedidos de los clientes, sin embargo, hay más problemas por la falta de cajas de cartón (M10) para el empaque que el desabastecimiento de resina virgen (M1). También se observa que hay más problemas de partes para subensambles metálicos, que masterbach, pigmentos, peletizado, poliestrech, poliburbuja, bolsas de nylon.

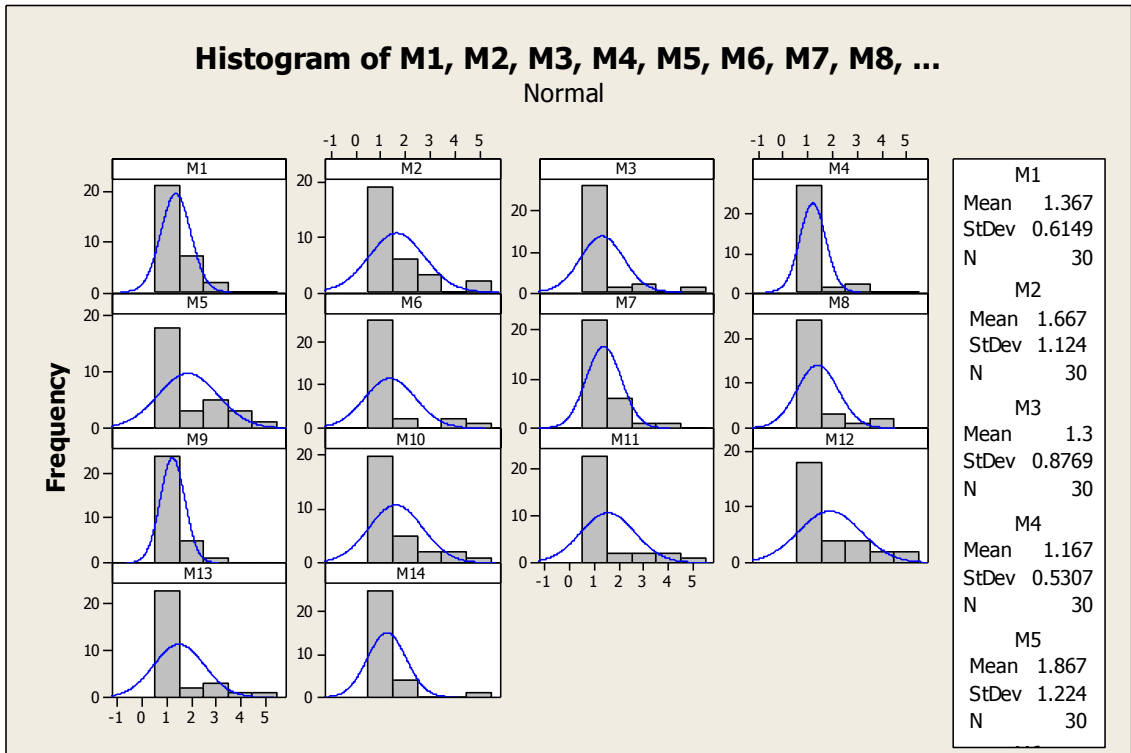


Ilustración 6-6 Distribución de frecuencia de respuestas
(causas de materiales que ocasionan entregas tardías)

En la Ilustración 6-6, se puede observar que existe normalidad de los datos en ninguna de las causas, esto posiblemente a la diversidad de industrias encuestadas, ya que las necesidades varían según el tipo de producto que maneje cada una de ellas. También se observa que los materiales M9 (bolsas de nylon $\sigma=.504$) y M4 (pigmentos $\sigma=.5311$) tienen menos variación según la respuesta de los encuestados, ya que todos ellos respondieron que estas ocupan menos problemas en las causa de no entregas a tiempo, ocupando los últimos lugares de frecuencia 1, 2 y 3. Esta imagen concuerda con los resultados de la Tabla 6-1, donde se muestra que estos materiales tuvieron los valores más bajos de sus respectivas desviaciones estándar de 0.531 para M4 y 0.504 para M9. Por lo que se concluye que estos materiales ocasionan menos retrasos en las entregas de pedidos de los clientes.

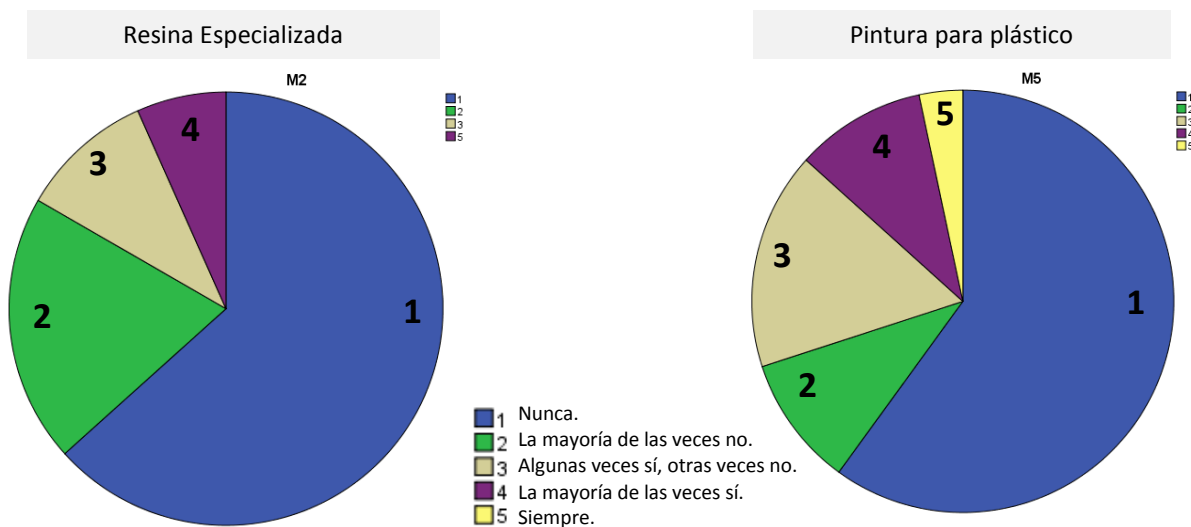


Ilustración 6-7 Distribución de respuestas según la frecuencia con que se presenta retraso en la entrega de pedidos debido a fallas en el suministro de resina especializada (izquierda) y pintura para plástico (derecha).

En la Ilustración 6-7 se muestra el agrupamiento de la frecuencia con que se presentan retrasos en la entrega a causa del desabasto de resina especializada y pintura para plástico, sin embargo, se observa que el material para pintura para plástico tiene más observaciones evaluadas como “siempre” sucede que estas causen entregas tardías.

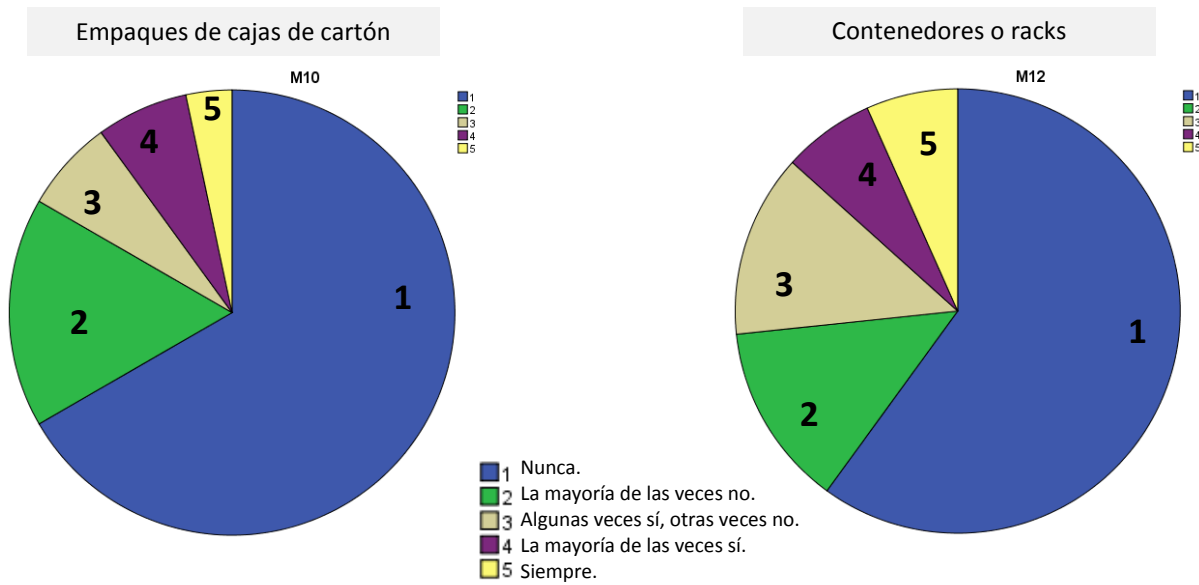


Ilustración 6-8 Distribución de respuestas según la frecuencia con que se presenta retraso en la entrega de pedidos debido a fallas en el suministro de material de empaque de cajas de cartón (izquierda) y contenedores o racks (derecha).

En la Ilustración 6-8 se muestra que los dos materiales para empaque con más peso en la suma de la frecuencia de causas de no entregas a tiempo mostrados en la Tabla 6-1. Estos materiales corresponden a empaque de cajas de cartón y contenedores o racks., Sin embargo, se observa que los contenedores o racks tiene más observaciones evaluadas como “siempre”, “la mayoría de las veces sí” y “algunas veces sí, otras veces no”.

En la Tabla 6-2, se muestra que las medias y las desviaciones estándar de las respuestas, agrupadas según el tipo de producto que manejan los encuestados. El primer grupo, corresponde a productos de más alta calidad (automotriz, electrónico, línea blanca y equipo médico) y su media más alta fue “resina especializada-M2” Y “contenedores o racks-M12, para las industrias que proveen productos para el hogar/envase las medias empatadas más altas corresponden a las causas de “cajas de cartón-M10” y “separadores de cartón-M11”. Y finalmente, para los industriales que manejan productos con menos precisión “los otros productos”, su media más alta corresponde a “pinturas para plástico-M5”.

Tabla 6-2 Resultados de los estadísticos de las causa de entregas tardías originadas por los diferentes materiales según el tipo de producto.

Producto		Media	Desv. típ.	Tamaño del subgrupo
auto/electrónico	M1	1.46	.660	13
	M2	2.23	1.423	13
	M3	1.54	1.198	13
	M4	1.38	.768	13
	M5	2.00	1.354	13
	M6	1.31	.855	13
	M7	1.31	.630	13
	M8	1.38	.870	13
	M9	1.23	.439	13
	M10	1.38	.506	13
	M11	1.54	.967	13
	M12	2.23	1.423	13
	M13	2.00	1.354	13
	M14	1.54	1.127	13
hogar/envase	M1	1.14	.378	7
	M2	1.00	.000	7
	M3	1.29	.756	7
	M4	1.00	.000	7
	M5	1.43	.787	7
	M6	1.14	.378	7
	M7	1.57	1.134	7
	M8	1.00	.000	7
	M9	1.29	.756	7
	M10	1.71	1.254	7
	M11	1.71	1.254	7
	M12	1.43	.787	7
	M13	1.00	.000	7
	M14	1.00	.000	7
otro	M1	1.40	.699	10
	M2	1.40	.699	10
	M3	1.00	.000	10
	M4	1.00	.000	10
	M5	2.00	1.333	10
	M6	1.70	1.494	10
	M7	1.30	.483	10
	M8	1.60	1.075	10
	M9	1.20	.422	10
	M10	1.90	1.524	10
	M11	1.40	1.265	10
	M12	1.70	1.337	10
	M13	1.20	.632	10
	M14	1.10	.316	10

Análisis descriptivo de la frecuencia de causas originadas por el proveedor

En la Tabla 6-3, se muestra la estadística descriptiva de las diferentes causas que originan retraso en la entrega derivado de acciones del proveedor. En dicha tabla, también se observa que las causas con mayor peso en las frecuencias son ocasionadas por “el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso (S1)”, “el proveedor excede el tiempo de entrega acordado (S2)” y “el tamaño mínimo de venta es mucho más grande que la cantidad requerida (S6)”, así como medias más altas en S1 y S6.

Tabla 6-3 Resultados de los estadísticos de las causa de no entregas a tiempo originadas por el proveedor.

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Media	2.27	2.23	2.13	2.03	1.67	2.23	1.80	1.97
Moda	1 ^a	2	1	1	1	1	1	1
Desv. típ.	1.258	1.165	1.074	1.217	.994	1.278	.997	1.159
Rango	4	4	3	4	3	4	3	4
Mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1
Máximo	5	5	4	5	4	5	4	5
Suma	68	67	64	61	50	67	54	59

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

Codificación

- S1 el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso
- S2 el proveedor excede el tiempo de entrega acordado
- S3 el proveedor actual no cuenta con niveles suficientes de inventario
- S4 la falta de proveedores nacionales de resina
- S5 el proveedor no cumple con los requerimientos, aunque se le envíe el pronóstico anual anticipadamente
- S6 el tamaño mínimo de venta es mucho más grande que la cantidad requerida
- S7 la cantidad enviada de materia prima no corresponde a lo requerido
- S8 cambio release por parte del proveedor

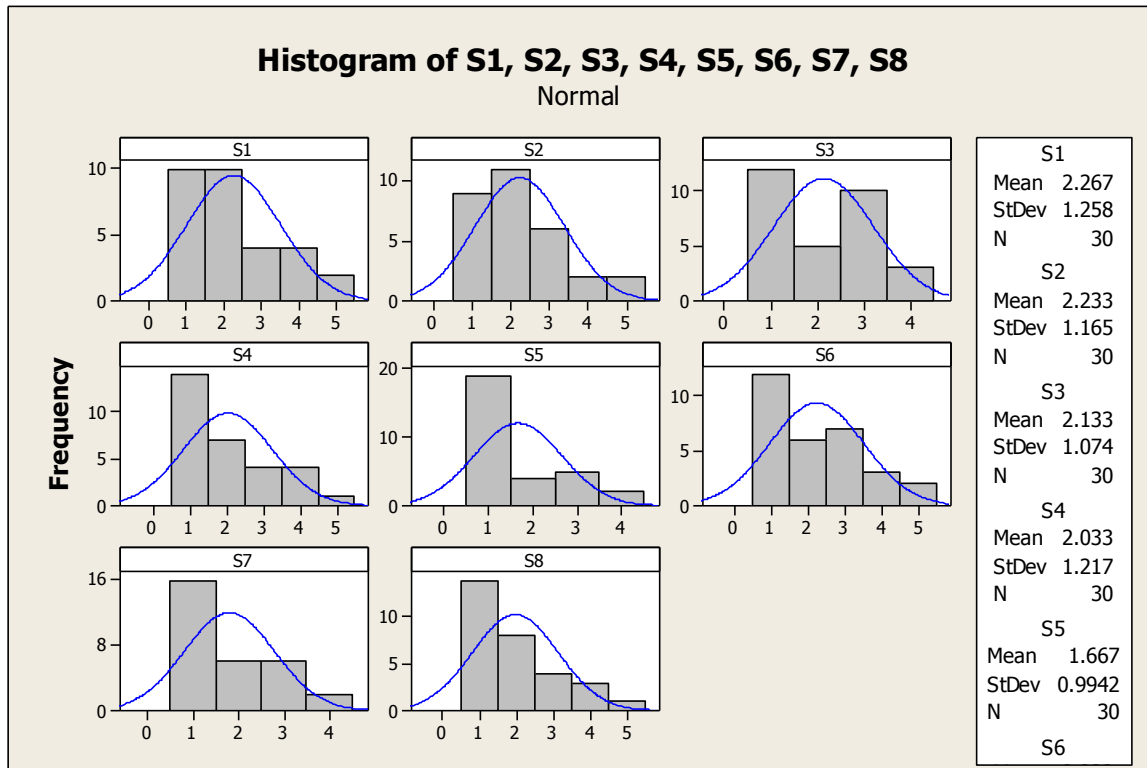


Ilustración 6-9 Distribución de respuestas de la frecuencia causas de entregas tardías ocasionadas por proveedores.

En la Ilustración 6-9, se muestra que no existe normalidad de los datos en ninguna de las respuestas, esto posiblemente a la diversidad de industrias encuestadas, ya que las necesidades varían según el tipo de producto que maneje cada una de ellas. Sin embargo, si se puede observar que la variable S5 (el proveedor no cumple con los requerimientos, aunque se le envíe el pronóstico anual anticipadamente) es la que menos frecuencia de sumatoria de causas, además de contar con una desviación estándar menor de .994 mostrado en la Tabla 6-3. Esto demuestra que esta causa es la que menor dificultad ocasiona para cumplir con las entregas a tiempo, además en la Ilustración 6-10 se puede observar que esta causa tiene el valor más alto del 63.3 % de respuestas marcadas como “nunca” (1) ocasiona retrasos en la entrega.

En la ilustración 6-9, se observa que solo una de las causas tiene su moda en la segunda valor de la escala, por lo que se puede decir que “la mayoría de las veces no excede el proveedor el tiempo de entrega acordado” (S2), pero no se puede decir que “nunca”. Este dato también puede observarse en la tabla 6-3, donde S2 es la única variable que tiene valor 2 en su moda.

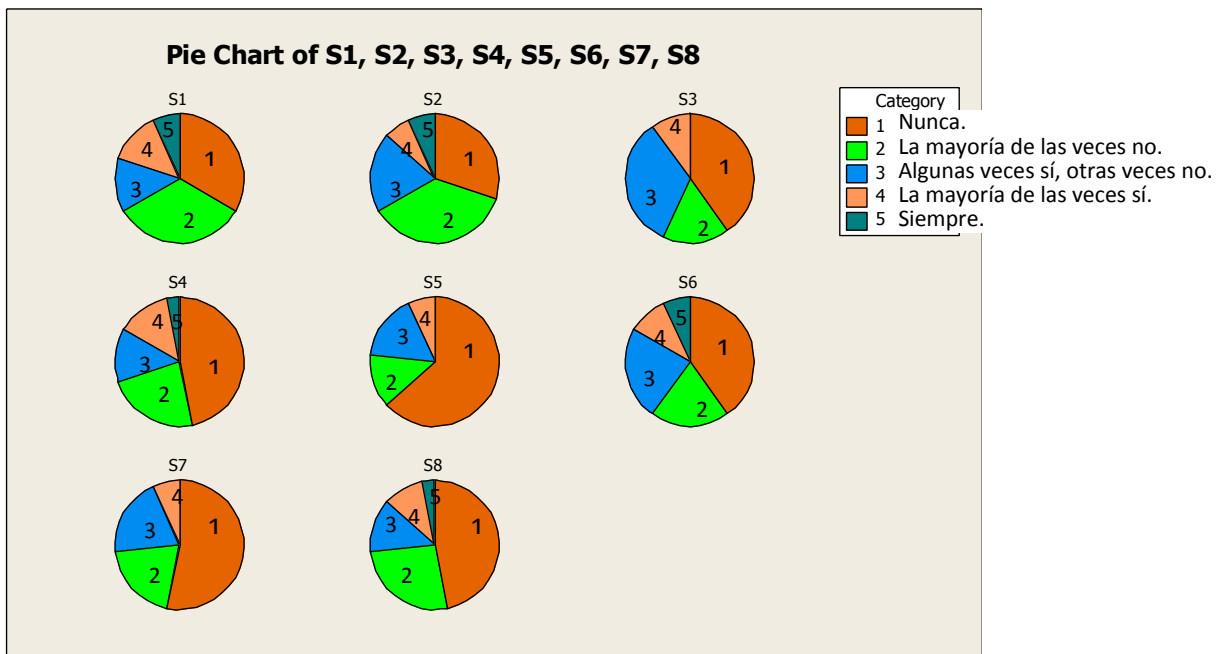


Ilustración 6-10 Gráfico de sectores de causas de entregas tardías, ocasionadas por proveedores.

En la Ilustración 6-10, se observa que la suma de los porcentajes de las respuestas 5, 4 y 3 (“siempre”, “la mayoría de las veces sí”, “algunas veces sí-otras no” respectivamente) corresponden al 33.3% y 33.4% de las causas de no entregas a tiempo S1 y S2 (el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso y el proveedor excede el tiempo de entrega acordado). Sin embargo, la suma más alta de las puntuaciones más críticas antes mencionadas, corresponden a la variable S6 (el tamaño mínimo de venta es mucho más grande que la cantidad requerida) con un valor de 40%.

Tabla 6-4 Resultados de los estadísticos de las causas de entregas tardías, originadas por el proveedor según el tipo de producto que elabora el encuestado.

Producto		Media	Desv. típ.	Tamaño del subgrupo
auto/electrónico	S1	1.92	1.115	13
	S2	2.15	1.214	13
	S3	1.85	1.068	13
	S4	2.08	1.441	13
	S5	1.46	.877	13
	S6	2.15	1.214	13
	S7	1.77	.832	13
	S8	1.85	1.281	13
hogar/envase	S1	2.14	1.215	7
	S2	2.29	1.113	7
	S3	2.43	1.134	7
	S4	2.29	1.113	7
	S5	2.14	1.464	7
	S6	2.86	1.952	7
	S7	2.14	1.464	7
	S8	2.14	1.215	7
otro	S1	2.80	1.398	10
	S2	2.30	1.252	10
	S3	2.30	1.059	10
	S4	1.80	1.033	10
	S5	1.60	.699	10
	S6	2.00	1.054	10
	S7	1.60	.843	10
	S8	2.00	1.054	10

Para detectar el comportamiento de las respuesta según el tipo de producto que elaboran los encuestados, se realizó la una tabla comparativa (ver Tabla 6-4), en donde se observa que para los industriales de productos de más alta precisión (auto/eléctrico) las causas con mayor media fueron S2 y S6 (el proveedor excede el LT acordado y el tamaño mínimo de venta es más grande que la cantidad requerida). Para los productores de productos de media precisión (hogar/envase) la media más alta corresponde a S6 (el tamaño mínimo de venta es más grande que la cantidad requerida) para los productores de baja precisión en sus productos la causa con mayor media corresponde a S1 (el LT del proveedor es muy extenso). Esta comparación concuerda con la creencia de que entre más precisión se requiera para la elaboración de productos, más organización y planeación es necesaria dentro de una organización. Por lo tanto, una de las actividades prioritarias para lograr entregas a tiempo es el acordar el cumplimiento de los tiempos de entrega con el proveedor, si estos son respetados, no importa que el tiempo de entrega sea extenso, si en verdad existe una planeación para los requerimientos de materiales según las fechas de entregas solicitadas por los clientes finales.

Análisis descriptivo de las causas originadas en el área de producción

En esta tercera sección del estudio se invierte la interpretación de los resultados, ya que la causa que más frecuentemente sucediera, el encuestado debía colocar el número 1, por lo que la menor sumatoria es el principal causante, y la mayor sumatoria es la menor causante. En la tabla 6-5, se puede observar que aunque la media, la mediana y la moda no tiene el mismo valor en la causa P2, si se aprecia que esta causa tiene el valor más bajo de media y mediana entre todas las otras causas, lo que la acerca a la principal causa de entregas tardías.

Tabla 6-5 Resultados de los estadísticos de las causas de entregas tardías, originadas por el área de producción.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Media	3.00	2.47	3.60	3.73	3.77	4.37
Mediana	3.00	2.00	4.00	4.00	4.00	5.00
Moda	3	1	6	4	6	5
Desv. típ.	1.232	1.525	2.044	1.721	1.832	1.299
Asimetría	.474	.942	-.089	-.208	-.243	-.848
Suma	90	74	108	112	113	131

Codificación

- P1 no seguimiento al programa de producción o MRP (Planeación de Requerimiento de Materiales)
- P2 Mala programación por no considerar desperdicios (scrap, mermas por purga)
- P3 la capacidad instalada insuficiente
- P4 el exceso de producción de productos no requeridos
- P5 el tiempo de preparación de la máquina por cambio de orden
- P6 el exceso de tiempo programado para la inspección de productos

Sin embargo, se observa en la Tabla 6-5 que P3, es el ítem que más dispersión de los datos alrededor de la media ($\sigma=2.044$), por lo que no podemos afirmar que la “capacidad instalada sea insuficiente” sea el último factor general en todas las industrias que cause entregas tardías. También se observa que según la suma de las respuestas P6 (el exceso de tiempo programado para la inspección de productos) es el menos causante de entregas tardías ($\Sigma=131$), ya que entre mayor sea el número, menor crítica es la causa.

Ninguna tiene un valor cercano a 0 en los resultados de asimetría, lo que quiere decir ninguna tiene una distribución normal. Los valores positivos, quieren decir que hay más valores agrupados hacia la izquierda de la curva (por debajo de la media). Los resultados negativos de la asimetría, significan que los valores tienden a agruparse hacia la derecha

de la curva (por encima de la media). En la Tabla 6-5, también se observa que P1 y P2, tienen valores positivos de asimetría, esto significa que hubo más respuestas con opción de primera causa de no entregas a tiempo para estos ítems, el cual concuerda con la Ilustración 6-11, en donde se observa que los ítems P1 y P2, tienen sesgo hacia la izquierda de la distribución (asimetría de $P1=1.232$ y $P2=1.525$)

En la tabla 6-5, también se observa que la causa P2 tiene su moda en la opción 1 de respuesta (primer causa de no entregas a tiempo), por lo que en la mayoría de las empresas existe entregas tardías debido una mala programación por no considerar los tiempos perdidos generando scrap o los tiempos perdidos por no considerar el tiempo de purga de las máquinas.

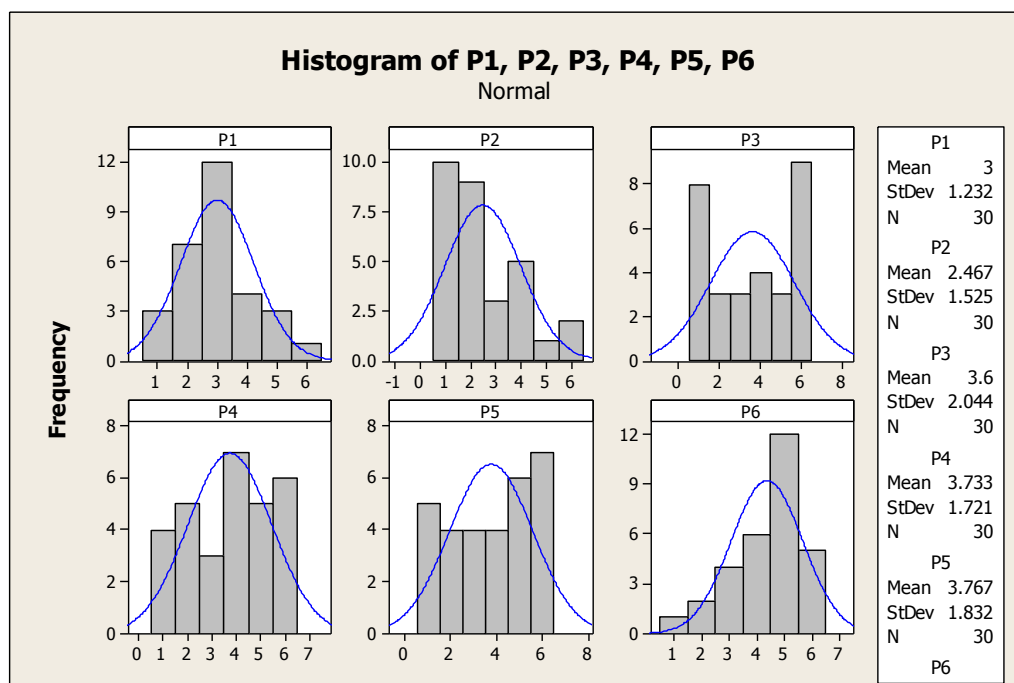


Ilustración 6-11 Distribución de frecuencia de las causas de entregas tardías, ocasionadas por el área de producción.

En la Ilustración 6-11, se observa que solo la causa P1 tiene una distribución normal, la cual también corresponde a uno de los valor más pequeño de desviación estándar de la tabla 6.5 ($\sigma=1.233$). Pero cabe destacar que en la siguiente sección podrá apreciarse más claramente, la importancia de cada una de estas causas. Como causas menos críticas se puede observar en esta figura también, que P6 tiene un sesgo hacia la derecha, el cual corresponden con el valor más negativo de asimetría ($-.848$) de la tabla 6.5.

Gráfico de sectores de las causas ocasionadas en el área de producción

Los siguientes gráficos permiten observar con más detalle la preferencia de cada causa, así mismo las siguientes tablas nos permitirán detectar cuales causas ocupan el primer y segundo lugar.

Tabla 6-6 Resultados de los porcentajes de causas de entregas tardías: P1 - **no seguimiento al programa de producción MRP.**

		Frecuencia	Porcentaje %	Porcentaje acumulado
Posición de causa de demora	1	3	10.0	10.0
	2	7	23.3	33.3
	3	12	40.0	73.3
	4	4	13.3	86.7
	5	3	10.0	96.7
	6	1	3.3	100.0
Total		30	100.0	

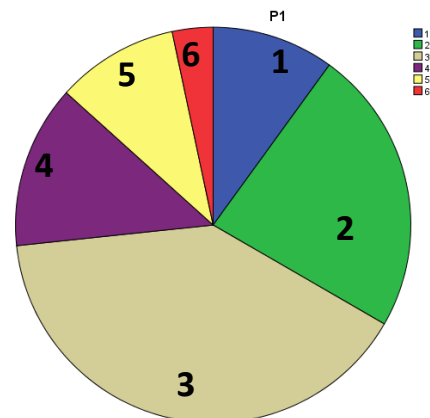


Ilustración 6-12 Gráfico de sectores P1

En la Tabla 6-6, se observa que el 40% de los encuestaron mencionaron que el “no seguimiento al programa de producción o MRP” ocupaba el tercer lugar de causas de entregas tardías. Y solo un 33.3 % respondió que esta causa ocupa el primero o segundo lugar.

Tabla 6-7 Resultados de los porcentajes de causas de entregas tardías: P2 - **mala programación por no considerar desperdicios.**

		Frecuencia	Porcentaje %	Porcentaje acumulado
Posición	1	10	33.3	33.3
de causa	2	9	30.0	63.3
de	3	3	10.0	73.3
demora	4	5	16.7	90.0
	5	1	3.3	93.3
	6	2	6.7	100.0
Total		30	100.0	

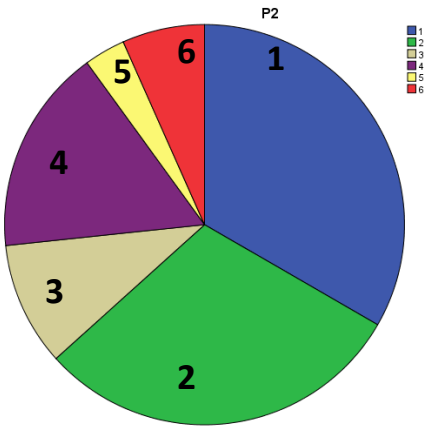


Ilustración 6-13 Gráfico de sectores P2

En la Tabla 6-7, se observa que el 33.3% de los encuestaron mencionaron que la “Mala programación por no considerar desperdicios” ocupaba el primer lugar de causas de entregas tardías. Y un 63.3% indica que es se primero o segunda causa.

Tabla 6-8 Resultados de los porcentajes de causa de entregas tardías: P3 - **la capacidad instalada insuficiente.**

		Frecuencia	Porcentaje %	Porcentaje acumulado
Posición	1	8	26.7	26.7
de causa	2	3	10.0	36.7
de	3	3	10.0	46.7
demora	4	4	13.3	60.0
	5	3	10.0	70.0
	6	9	30.0	100.0
Total		30	100.0	

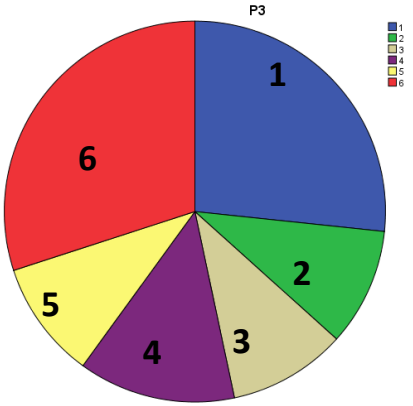


Ilustración 6-14 Gráfico de sectores P3

En la Tabla 6-8, se observa que el 30.0 % de los encuestaron mencionaron que “la capacidad instalada insuficiente” ocupaba el sexto lugar de causa de demoras. Pero se observa que el 36.7% respondió que esta causa ocupa el primero o segundo lugar de causa, menor esto a la causa de “no seguimiento al programa de producción o MRP”.

Tabla 6-9 Resultados de los porcentajes de causa de entregas tardías: P4 - **el exceso de producción de productos no requeridos.**

		Frecuencia	Porcentaje %	Porcentaje acumulado
Posición	1	4	13.3	13.3
de causa	2	5	16.7	30.0
de	3	3	10.0	40.0
demora	4	7	23.3	63.3
	5	5	16.7	80.0
	6	6	20.0	100.0
Total		30	100.0	

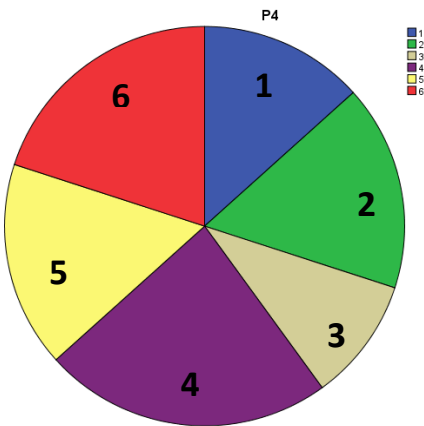


Ilustración 6-15 Gráfico de sectores P4

En la Tabla 6-9, se observa que el 23.3 % de los encuestaron mencionaron que “el exceso de producción de productos no requeridos” ocupaba el cuarto lugar de causas de entregas tardías, menor también que la causa “no seguimiento al PMP o MRP”, en ocupar el primer y segundo lugar.

Tabla 6-10 Resultados de los porcentajes de causa de entregas tardías: P6 - **el tiempo de preparación de la máquina por cambio de orden.**

		Frecuencia	Porcentaje %	Porcentaje acumulado
Posición	1	5	16.7	16.7
de causa	2	4	13.3	30.0
de	3	4	13.3	43.3
demora	4	4	13.3	56.7
	5	6	20.0	76.7
	6	7	23.3	100.0
Total		30	100.0	

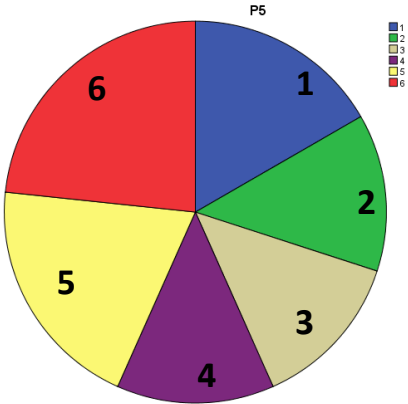


Ilustración 6-16 Gráfico de sectores P5

En la Tabla 6-10, se observa que el 23.3 % de los encuestaron mencionaron que “el tiempo de preparación de la máquina por cambio de orden” ocupaba el sexto lugar de causas de entregas tardías. Menor también que la causa “no seguimiento al PMP o MRP”, en ocupar el primer y segundo lugar.

Tabla 6-11 Resultados de los porcentajes de causa de entregas tardías: P6 - **el exceso de tiempo programado para la inspección de productos.**

		Frecuencia	Porcentaje %	Porcentaje acumulado
Posición	1	1	3.3	3.3
de	2	2	6.7	10.0
causa	3	4	13.3	23.3
de	4	6	20.0	43.3
demora	5	12	40.0	83.3
	6	5	16.7	100.0
Total		30	100.0	

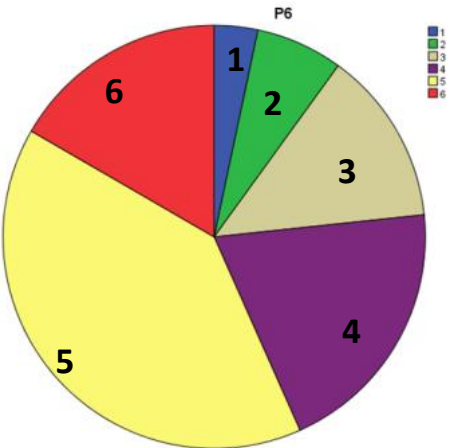


Ilustración 6-17 Gráfico de sectores P6

En la

Tabla 6-11, se observa que el 40.0 % de los encuestaron mencionaron que “el exceso de tiempo programado para la inspección de productos” ocupaba el quinto lugar de causas de demora. Menor también que a la causa “no seguimiento al PMP o MRP”, en ocupar el primer y segundo lugar.

En la Tabla 6-14, se puede observar que las medias de la primera causa, corresponde a L2, la inexactitud del inventario (estimado-real). Esto quiere decir que es un problema generalizado en todo el sector plástico, independientemente del tipo de producto al que se dediquen las industrias. Sin embargo, la segunda causa tiene mucha variación, ya que por la industria automotriz es L1, inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido; en el sector plástico para el hogar/envase es L4, con inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido; para los otros industriales del plástico, también demoras por la inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido, pero empatado con el inadecuado sistema de identificación de inventario (L3). Pero todas ellas sin duda alguna, a la falta de control del almacén.

Tabla 6-12 Resultados de los estadísticos de las causa de no entregas a tiempo originadas por el área de producción según el tipo de producto.

Producto		Media	Desv. típ.	Tamaño del subgrupo
auto/electrónico	P1	2.77	1.013	13
	P2	2.54	1.854	13
	P3	4.08	1.801	13
	P4	3.54	1.761	13
	P5	3.62	1.938	13
	P6	4.46	1.198	13
hogar/envase	P1	3.29	1.704	7
	P2	3.29	1.380	7
	P3	2.86	2.410	7
	P4	3.43	1.718	7
	P5	4.00	1.732	7
	P6	4.14	1.574	7
otro	P1	3.10	1.197	10
	P2	1.80	.789	10
	P3	3.60	2.066	10
	P4	4.20	1.751	10
	P5	3.90	1.792	10
	P6	4.40	1.350	10

También se puede observar que el menor problema en la industria automotriz del plástico es atender otros pedidos pendientes de entregar (L6), esto debido a que la industria automotriz maneja proyecciones de demanda con menos incertidumbre que las otras industrias. Y el menor problema de los productos para el hogar y los otros, es falta de contenedores proporcionados por los clientes, ya que no requieren de contenedores especiales como en la industria automotriz.

Análisis descriptivo de las causas originadas en el área de logística

La segunda parte de la tercera sección del estudio, también se invierte la interpretación de los resultados, ya que la causa que más frecuenten (moda) cercana al número uno, es la causa mas crítica en esta sección, dicha causa puede detectarse en la Tabla 6-13 como L2 (inexactitud del inventario). Además, en dicha tabla, también el valor bajo de media y mediana señala a la variable L2 como la causa que ocupa los primeros lugares de la escala en ocasionar entregas tardías.

Tabla 6-13 Resultados de los estadísticos de las causa entregas tardías originadas por el área de logística.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Media	3.27	2.03	3.13	3.50	4.50	4.57
Mediana	3.00	2.00	3.00	3.00	5.00	5.00
Moda	4	1	3	2	6	6
Desv. típ.	1.311	1.129	1.655	1.737	1.570	1.501
Asimetría	-.040	.701	.311	.085	-.859	-1.022
Suma	98	61	94	105	135	137

Codificación

- L1 inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas
- L2 inexactitud del inventario (estimado-real) MAS CAUSA
- L3 demoras por un inadecuado sistema de identificación de inventario
- L4 inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido
- L5 falta de contenedores proporcionados por los clientes
- L6 atender otros pedidos pendientes de entregar MENOS CAUSA

En la Tabla 6-13, L6, es el ítem con más sumatoria de las respuestas, lo que significa que la causa de “atender otros pedidos pendientes de entregar”, es el menor causante de entregas demoradas. Así mismo, de forma contraria, el más causante por tener menos valor en la sumatoria es L2, correspondiente a “inexactitud del inventario”.

El valor más cercano a cero de los resultados de asimetría, corresponde a la causa L1= -.040 (inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas). Lo que significa que esta causa es la mas cercana una distribución normal, porque es el valor mas cercano a +/- 0. Sin embargo, como el resultado es negativo, significa que los valores tienden agruparse hacia la derecha de la curva (por encima de la media), esta interpretación de resultado puede percibirse visualmente en la Ilustración 6-18.

En la Tabla 6-13, también se observa que L2, tienen valores positivos de asimetría, esto significa que hubo más respuestas con opción de causa de demora número 1 para estos ítems, el cual concuerda con la Ilustración 6-11, en donde se observa que el ítem L2, tienen sesgo hacia la izquierda de la distribución.

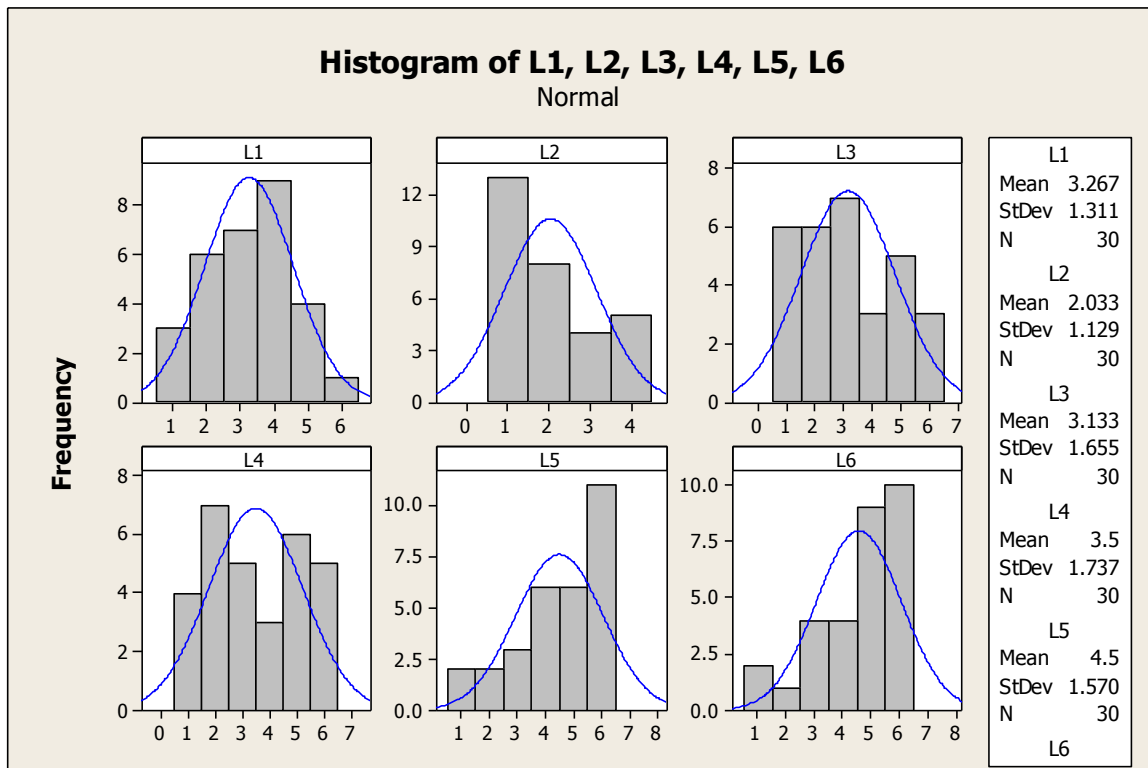


Ilustración 6-18 Distribución de frecuencia de las causas de entregas tardías, ocasionadas por el área de logística

En la Ilustración 6-18, la media más baja es L2, correspondiente con la de mayor frecuencia (moda). Y también significa que el valor de la media está más cercano a las primeras causas de no entregas a tiempo. Por lo tanto, hasta este momento de la investigación que la variable “inexactitud del inventario” es la causa más crítica de entregas demoradas originada por el área logística.

Gráfico de sectores de causas de entregas demoradas, ocasionadas por el área de logística

Los siguientes gráficos permiten observar con más detalle la frecuencia de cada respuesta según su causa, así mismo las siguientes tablas nos permitirán detectar cuales causas ocupan el primer y segundo lugar.

Tabla 6-14 Resultados de los porcentajes de causa de entregas tardías: **L1 - inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas.**

		Frecuencia	Porcentaje %	Porcentaje acumulado
Posición	1	3	10.0	10.0
de causa	2	6	20.0	30.0
de	3	7	23.3	53.3
demora	4	9	30.0	83.3
	5	4	13.3	96.7
	6	1	3.3	100.0
Total		30	100.0	

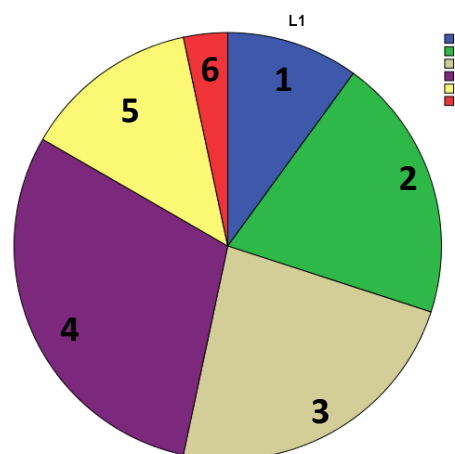


Ilustración 6-19 Gráfico de sectores L1

En la Tabla 6-14, que el 30% de los encuestados respondieron que era su primer o segunda causa. Además el 16.6 % dijeron que era su última o penúltima causa (6 y 5).

Tabla 6-15 Resultados de los porcentajes de causa de demoras: **L2- inexactitud del inventario (estimado-real).**

		Frecuencia	Porcentaje %	Porcentaje acumulado
Posición	1	13	43.3	43.3
de causa	2	8	26.7	70.0
de	3	4	13.3	83.3
demora	4	5	16.7	100.0
	5			
	6			
Total		30	100.0	

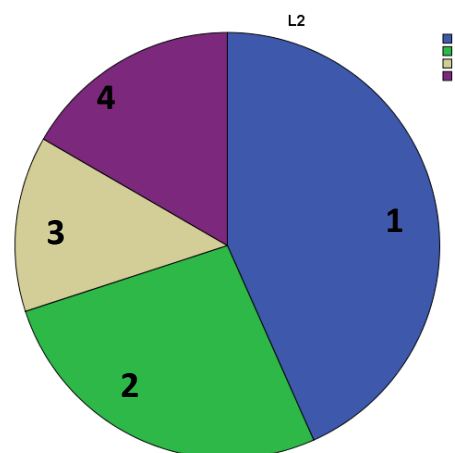


Ilustración 6-20 Gráfico de sectores L2

La Tabla 6-15 muestra que el 43.3 % de los encuestados respondió que era su primer causa, siendo este porcentaje el más grande entre todas las causas de logística. Además, el 70% de los encuestados respondieron que era su primer o segunda causa.

También se puede observar que no respuestas con opción 5 y 6 (penúltimo y último lugar), esto quiere decir que todos tienen retrasos en la entrega debido a la inexactitud de inventario, porque nadie lo colocó como menos importante.

Tabla 6-16 Resultados de los porcentajes de causa de entregas tardías: L3 - **demoras por un inadecuado sistema de identificación de inventario.**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
			%	válido	acumulado
Posición de causa de demora	1	6	20.0	20.0	20.0
	2	6	20.0	20.0	40.0
	3	7	23.3	23.3	63.3
	4	3	10.0	10.0	73.3
	5	5	16.7	16.7	90.0
	6	3	10.0	10.0	100.0
Total		30	100.0	100.0	

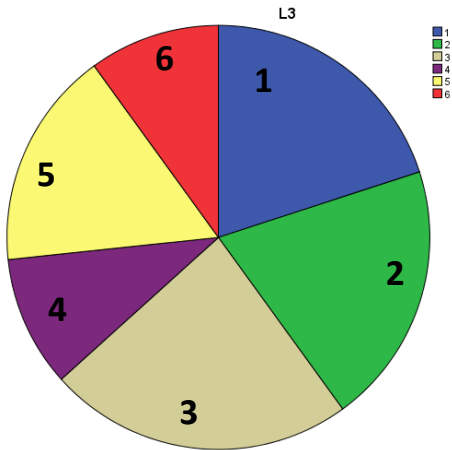


Ilustración 6-21 Gráfico de sectores L3

En la Tabla 6-16, se observa que solo el 40% de los encuestados respondieron que era su primer o segunda causa.

Tabla 6-17 Resultados de los porcentajes de causa de demoras: L4 - **inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido.**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje
			%	acumulado
Posición de causa de demora	1	4	13.3	13.3
	2	7	23.3	36.7
	3	5	16.7	53.3
	4	3	10.0	63.3
	5	6	20.0	83.3
	6	5	16.7	100.0
Total		30	100.0	

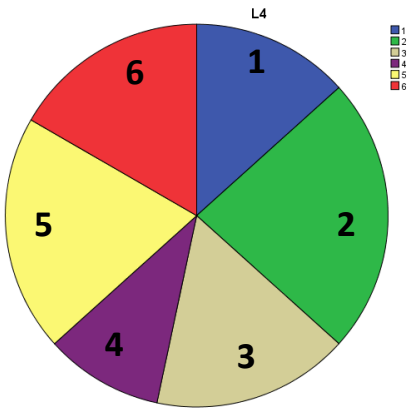


Ilustración 6-22 Gráfico de sectores L4

En la Tabla 6-17 el 36.7 % de los encuestados respondieron que era su primer o segunda causa.

Tabla 6-18 Resultados de los porcentajes de causa de demoras: L5 - **falta de contenedores proporcionados por los clientes.**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje
			%	acumulado
Posición	1	2	6.7	6.7
de causa	2	2	6.7	13.3
de	3	3	10.0	23.3
demora	4	6	20.0	43.3
	5	6	20.0	63.3
	6	11	36.7	100.0
Total		30	100.0	

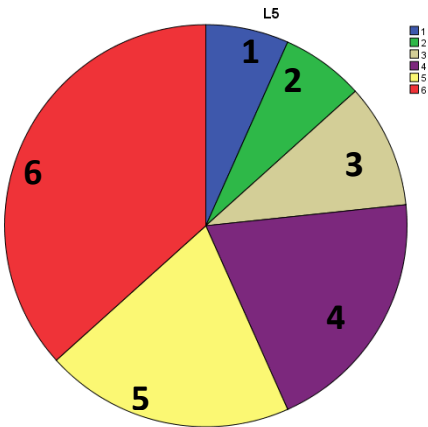


Ilustración 6-23 Gráfico de sectores L5

En la Tabla 6-18, solo se muestra que el 13.4 % de los encuestados respondieron que era su primer o segunda causa. Además el 56.7 % dijeron que era su última o penúltima causa (6 y 5).

Tabla 6-19 Resultados de los porcentajes de causa de demora: L6 - **atender otros pedidos pendientes de entregar.**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje
			%	acumulado
Posición	1	2	6.7	6.7
de causa	2	1	3.3	10.0
de	3	4	13.3	23.3
demora	4	4	13.3	36.7
	5	9	30.0	66.7
	6	10	33.3	100.0
Total		30	100.0	

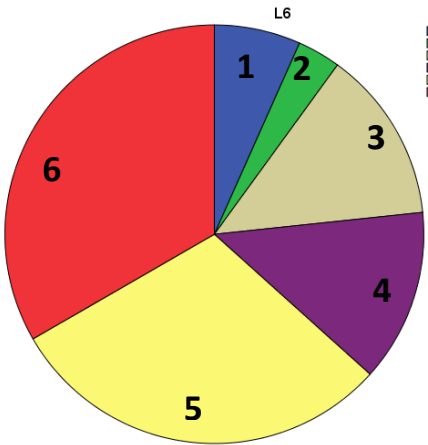


Ilustración 6-24 Gráfico de sectores L6

En la Tabla 6-19, solo se muestra que el 9.6 % de los encuestados respondieron que era su primer o segunda causa. Además el 63.3 % dijeron que era su última o penúltima causa (6 y 5).

En la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**, se puede observar que las medias mas bajas mas cercanas a las primeras causas corresponde a L2 (la inexactitud del inventario al comparar el estimado contra el real). Esto quiere decir que es un problema generalizado en todo el sector plástico, independientemente del tipo de producto al que se dediquen las industrias. Sin embargo, la segunda causa tiene mucha variación, ya que por la industria automotriz es L1, inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido; en el sector plástico para el hogar/envase es L4, con inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido; para los otros industriales del plástico, también demoras por la inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido, pero empatado con el inadecuado sistema de identificación de inventario (L3). Pero todas ellas sin duda alguna, a la falta de control del almacén.

Tabla 6-20 Resultados de los estadísticos de las causa de no entregas a tiempo originadas por el área de logística según el tipo de producto.

Producto		Media	Desv. típ.	Tamaño del subgrupo
auto/electrónico	L1	2.77	1.092	13
	L2	2.15	1.214	13
	L3	2.85	1.725	13
	L4	4.15	1.725	13
	L5	3.92	1.706	13
	L6	5.15	.899	13
hogar/envase	L1	3.86	1.773	7
	L2	2.00	1.155	7
	L3	3.71	1.380	7
	L4	2.86	1.952	7
	L5	4.71	1.380	7
	L6	3.86	1.773	7
otro	L1	3.50	1.080	10
	L2	1.90	1.101	10
	L3	3.10	1.792	10
	L4	3.10	1.449	10
	L5	5.10	1.370	10
	L6	4.30	1.767	10

También se puede observar que el menor problema en la industria automotriz del plástico es atender otros pedidos pendientes de entregar (L6), esto debido a que la industria automotriz maneja proyecciones de demanda con menos incertidumbre que las otras industrias. Y el menor problema de los productos para el hogar y los otros, es falta de contenedores proporcionados por los clientes, ya que no requieren de contenedores especiales como en la industria automotriz.

Tabla resumen del análisis de la estadística descriptiva

No. ítems y código	Items (response test)	Moda	Suma	Media	Desviación estándar	Asimetría
14	<i>Tipo de materiales^a</i>					
M1	resina commodity o virgen	1	41	1.37	.615	1.503
M2	resina especializada	1	50	1.67	1.124	1.969
M3	masterbatch	1	39	1.30	.877	3.294
M4	pigmentos	1	35	1.17	.531	3.159
M5	pintura para plástico	1	56	1.87	1.224	1.117
M6	peletizado	1	42	1.40	1.037	2.670
M7	poliestrech	1	41	1.37	.718	2.298
M8	poliburbuja	1	41	1.37	.850	2.431
M9	bolsas de nylon	1	37	1.23	.504	2.431
M10	cajas de cartón	1	49	1.63	1.098	1.812
M11	separadores de cartón	1	46	1.53	1.106	2.041
M12	contenedores o rack	1	56	1.87	1.279	1.324
M13	partes metálicas	1	45	1.50	1.042	2.154
M14	laboratorios de pruebas	1	38	1.27	.785	4.060
8	<i>Diligencias de los proveedores^a</i>					
S1	tiempo de entrega extenso?	1	68	2.27	1.258	.794
S2	excedente tiempo de entrega acordado?	2	67	2.23	1.165	.912
S3	insuficientes niveles de inventario?	1	64	2.13	1.074	.255
S4	la falta nacionales de resina?	1	61	2.03	1.217	.916
S5	no cumple con los requerimientos, aunque se envíe el pronóstico anual.	1	50	1.67	.994	1.195
S6	el tamaño mínimo de venta es mucho más grande que la cantidad requerida?	1	67	2.23	1.278	.968
S7	la cantidad enviada de materia prima no corresponde a lo requerido?	1	54	1.80	.997	.878
S8	cambio release por parte del proveedor?	1	59	1.97	1.159	1.065
12	<i>Producción & Logística^b</i>					
P1	no seguimiento al programa de producción o MRP	3	90	3.00	1.232	.474
P2	mala programación por no considerar desperdicios	1	74	2.47	1.525	.942
P3	capacidad instalada insuficiente	6	108	3.60	2.044	-.089
P4	exceso de producción de productos no requeridos	4	112	3.75	1.721	-.208
P5	tiempo de preparación de la máquina por cambio de orden	6	113	3.77	1.832	-.243
P6	exceso de tiempo programado para la inspección de productos	5	131	4.37	1.299	-.848
L1	inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas	4	98	3.27	1.311	-.040
L2	inexactitud del inventario (real-estimado)	1	61	2.03	1.129	.701
L3	inadecuado sistema de identificación de inventario	3	94	3.13	1.655	.311
L4	inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido	2	105	3.50	1.737	.085
L5	falta de contenedores proporcionados por los clientes	6	135	4.50	1.570	-.859
L6	atender otros pedidos pendientes de entregar	6	137	4.57	1.501	-1.022

^a Pregunta: de lo siguiente, ¿Qué tanto le causan a su organización, dificultades para cumplir las entregas a sus clientes?. Cualificación: “nunca-1, la mayoría de las veces no-2, algunas veces sí o no-3, la mayoría de las veces sí-4, siempre-5”. Prueba de confiabilidad de la escala: Alpha de Cronbach

^b Pregunta: de las siguientes causas, ¿Qué tanto le ocasionan dificultades para cumplir con las entrega de las ordenes de sus clientes?. Cualificación: (1-6 escala: primero – última causa). Prueba de confiabilidad de la escala: Rho de Spearman.

Para poder comparar los resultados, es necesario no olvidar que al interpretar las causas de materiales y proveedores, estos tienen escalas a la inversa que las causas de producción y logística. Es decir, en las primeras secciones de las causas de materiales y proveedores, los valores más grandes serían los valores más críticos, y en las causas de producción y logística estamos buscando los valores más pequeños, por que representan las primeras causas.

Es así que los resultados de las modas (la respuesta con mayor frecuencia) de las causas de materiales y proveedores, se observa que estos valores no tienen ningún resultado alarmante. Pero las modas de las escalas de producción & logística si se muestra una comparación más reveladora, es decir, se puede percibir la causa P2, tiene valor de moda 1, esto quiera decir que las entregas tardías se deben mas frecuentemente a la mala programación por no considerar los tiempos perdidos que generan scrab y los tiempos de purgas de las máquinas de inyección (P2 = moda 1, primer causa), así como retrasos por el tiempo perdido debido a la inexactitud del inventario (L2 = moda 1, primer causa). Así mismo, los resultados más bajos de las medias (información que permite ver una distribución equitativa entre las variables), los cuales se acercan a las primeras causas de entregas tardías, corresponden nuevamente en causas de producción a P2 = 2.47 y L2=2.03 para las causas de logística, y a su vez también tiene los valores más altos de asimetría positiva, lo que significa que la distribución esta recargada hacia la izquierda, lugar de las primeras causas de entregas de ordenes demoradas.

Aunque se mencionó anteriormente que el suministro de diversos materiales no son causas alarmantes que ocasionen demoras en las entregas de los clientes, es importante al menos detectar entre ellos cual sería el suministro que más dificultades manifieste. Es así que al buscar el valor de asimetría más cercano al cero (punto central de la distribución) se encontró que M5 (pintura para plástico) y M12 (contenedores o racks) serían los suministros que ocasionen más contratiempos entre todos los demás. Pero, cabe destacar que aunque se perciben dos tipos de materiales que causan retrasos en las entregas, M5 tiene menos valor en su desviación estándar ($\sigma=1.224$), es decir menos variación en la respuesta de los encuestado.

Análisis de Componentes Principales

Para continuar con nuestro objetivo de estudio, el cual busca analizar los factores comunes internos y externos críticos en el desempeño del servicio logístico de los Proveedores de Componentes Plásticos, a continuación se presentan el Análisis de Componentes Principales de los factores externos e internos. Los factores externos detectados fueron el suministro de materiales, identificados en dos grupos: las materias primas específicas de los productos plásticos (resinas, pigmentos, etc.) y los materiales requeridos para el empaque y embalaje los cuales se mencionaron anteriormente. Otro factor externo sometido al análisis serán las diferentes diligencias de los proveedores.

Posteriormente, también se presenta el análisis de factores a través del método de componentes principales para las áreas internas que mueven factores: Producción y Logística.

ACP- Factores externos: causas materiales y proveedores

A continuación se utilizó el paquete estadístico SPSS 18, para reducir el conjunto de variables relacionadas con los materiales que pudieran estar causando retraso en las entregas de órdenes de los clientes con la finalidad de reducir a un conjunto menor de variables con la menor pérdida de la información posible (Pérez-López 2004).

Se comenzó eligiendo en los menús la siguiente secuencia:

Analizar / Reducción de datos / Análisis factorial

Posteriormente se eligieron las variables y las especificaciones del análisis

- Descriptivos (matriz de correlación: determinante, KMO, Barlett, Antiimagen)
- Extracción (método de componentes principales, solución sin rotar, gráfico de sedimentación)
- Rotación (ninguno, posteriormente Varimax)
- Puntuaciones (guardar variables como variación)
- Opciones (excluir casos según lista)

A continuación se describen los resultados generados por el paquete estadístico.

Matriz de correlaciones

En la Tabla 6-21, se muestra la matriz de correlaciones que arroja el SPSS sobre los materiales que causan demora. Se puede observar que la mayoría de las correlaciones son muy bajas (cerca de cero). Sin embargo, esta matriz de correlaciones indica cuáles

variables posiblemente quedaran agrupadas en el mismo factor y cuáles posiblemente no lo haga. La matriz de correlación sirve para identificar las variables con más de un factor o característica y se tiene que deslindar para que cada variable se relacione con un solo factor De la Garza et *al.* 2013)

Tabla 6-21 Matriz de correlaciones de materiales

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M20	M11	M12	M13	M14
M1	1.000	.382	-.083	.123	.021	.195	-.003	.196	.048	.104	.159	-.023	.457	.148
M2	.382	1.000	.490	.096	.317	.059	-.057	.096	-.041	-.074	.009	.256	.677	.651
M3	-.083	.490	1.000	.185	.456	.091	.367	.125	.304	-.133	.185	.436	.660	.782
M4	.123	.096	.185	1.000	.354	.313	.286	.395	.236	-.010	.431	.440	.218	.055
M5	.021	.317	.456	.354	1.000	.396	.175	.479	.220	.398	.258	.693	.378	.505
M6	.195	.059	.091	.313	.396	1.000	.305	.805	.541	.618	.349	.561	.096	.119
M7	-.003	-.057	.367	.286	.175	.305	1.000	.450	.803	.089	.310	.168	.023	-.057
M8	.196	.096	.125	.395	.479	.805	.450	1.000	.437	.555	.188	.522	.214	.107
M9	.048	-.041	.304	.236	.220	.541	.803	.437	1.000	.347	.511	.317	-.033	.012
M10	.104	-.074	-.133	-.010	.398	.618	.089	.555	.347	1.000	.394	.504	-.075	.037
M11	.159	.009	.185	.431	.258	.349	.310	.188	.511	.394	1.000	.369	.060	.109
M12	-.023	.256	.436	.440	.693	.561	.168	.522	.317	.504	.369	1.000	.440	.517
M13	.457	.677	.660	.218	.378	.096	.023	.214	-.033	-.075	.060	.440	1.000	.759
M14	.148	.651	.782	.055	.505	.119	-.057	.107	.012	.037	.109	.517	.759	1.000

a. Determinante = 6.59E-006

Determinante de la matriz de correlación.

El determinante de la matriz de correlación oscila entre 0 y 1.

$$0 \leq R \leq 1$$

Donde

R = es la matriz de correlación

$|R|$ = es la determinante de la matriz de correlación

Si el valor de la determinante es cercano a cero indica la conveniencia de analizar el problema mediante el análisis de factores; si, por el contrario se aproxima a 1 muestra que el análisis no se llevar a cabo (De la Garza et *al.* 2013). Es así que según la Tabla 6-21, el valor en notación científica de la determinante para esta matriz de 6.59E-006, pasándolo a sistema decimal sería 0.00000659.

$$0 \leq 0.00000659 \leq 1,$$

Dado que el valor de la determinante es cercano a cero, se indica **la conveniencia de analizar el problema mediante el análisis de factores**

Prueba de contraste de esfericidad de Bartlett

Como ya se dijo en la matriz de correlación se puede ver la relación entre las variables; de hecho es necesario que exista correlación entre ellas, es decir que haya cierto grado de multicolinealidad ya que la técnica de análisis de factores identifica las variables que están interrelacionadas, en caso contrario la matriz de correlación sería una matriz de identidad (aquella que en su diagonal principal tiene 1 y fuera de ella, ceros, esto indica que no existen correlaciones entre las variables) y no tendría sentido llevar a cabo el análisis de factores. Esto se puede verificar por medio de la prueba de contraste de esfericidad de Bartlett, sus hipótesis serían:

$H_0: |R| = I$; No se debe utilizar la técnica de análisis de factores para resumir la información de la base de datos, porque **no hay correlación** entre las variables.

$H_a: |R| \neq I$; Sí se debe utilizar la técnica de análisis de factores para resumir la información de la base de datos, porque **si hay correlación** entre las variables.

R = es la matriz de correlación

$|R|$ = es la determinante de la matriz de correlación

I = Es la matriz identidad (indica que no existe correlación entre las variables)

Veamos el primer análisis de este estudio tomando los resultados del SPSS, mostrados en la Tabla 6-22.

Tabla 6-22 Resultados KMO y Prueba de Bartlett en SPSS.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)		.588
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado χ^2_c	280.347
	gl	91
	Sig.	.000

Entonces se realiza la prueba de hipótesis de la esfericidad de Bartlett; la fórmula para obtener el valor de ji cuadrada calculada es la siguiente:

$$\chi^2_c = - \left[n - 1 - \frac{1}{6} (2(m) + 5) \right] \ln |R|$$

Dónde:

n = Número de encuestas

m = Número de ítems de materiales

$|R|$ = es la determinante de la matriz de correlación

En el análisis para las variables de materiales es:

$$x_c^2 = - \left[30 - 1 - \frac{1}{6} (2(14) + 5) \right] \ln |0.00000659|$$

$$x_c^2 = \mathbf{280.354}$$

Con los grados de libertad

$$= 0.5(m^2 - m)$$

$$= 0.5(14^2 - 14)$$

$$= \mathbf{91 \text{ df}}$$

Retomando de la Tabla 6-22, el valor de ji cuadrada de $x_c^2 = \mathbf{280.347}$ y los grados de libertad son 91, se debe comparar este valor con una ji cuadrada de tablas, con un nivel de confianza en este estudio del 95%. El ji cuadrada de tablas calculado en Excel se muestra en la Ilustración 6-25:

$$X_{t,a}^2 = X_{0.05,91}^2 = \mathbf{114.268}$$

f_x = =PRUEBA.CHI.INV(0.05,C3)			
B	C	D	E
		t =	
		0.05	
a =	91	114.268	= ji cuadrada

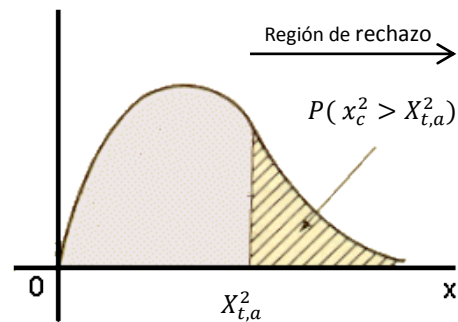
Decisión

Al comparar el cálculo contra el teórico se tiene que, si:

$$x_c^2 > X_{t,a}^2 \text{ se rechazar } H_0 \text{ (**No** hay correlación entre las variables)}$$

280.347 > 114.268 por lo tanto se **rechaza H_0** y estar de acuerdo que *“Sí se debe utilizar la técnica de análisis de factores para resumir la información de la base de datos, porque **sí hay correlación** entre las variables”*

Ilustración 6-25 Cálculo de ji cuadrada en Excel



Si se hiciera de otra forma, por ejemplo, con el p-valor = sig. = 0.000:

Si p – valor < 0.05 **se rechaza H_0**

Al comparar el calculado contra el teórico se tiene que:

$$0.000 < 0.05 \text{ se rechaza } H_0, \text{ **acepta } H_a \text{ analizar}**$$

Como se rechazó H_0 , entonces se concluye que la matriz de $|R| \neq I$, **por lo que llevar a cabo el análisis de factores si tiene sentido.**

Análisis de suficiencia general o Kaiser-Meyer-Olkin

Una vez que se rechazó la hipótesis nula se realiza el análisis de suficiencia de la técnica de análisis de factores, que se hace tanto global como para cada variable. La medida de suficiencia o adecuación del muestreo general (por sus siglas en inglés KMO) es una medida global que indica si se llevará a cabo el análisis de factores, qué tan fuerte y adecuada sería la posible solución a encontrar; mientras más grande es este valor la solución es más fuerte, lo óptimo es que sea $KMO \geq 0.500$, como referencia De la Garza et al. (2013), considera la evaluación en la Tabla 6-23.

Tabla 6-23 Interpretación de la evaluación de KMO

KMO	Evaluación
> 0.90	Excelente
0.80 a 0.89	Bueno
0.70 a 0.79	Aceptable
0.60 a 0.69	Regular
0.50 a 0.59	Bajo
< .49	Inaceptable

El KMO se obtiene bajo la siguiente expresión

$$KMO = \frac{\sum \sum_{h \neq j} r^2_{jh}}{\sum \sum_{h \neq j} r^2_{jh} + \sum \sum_{h \neq j} a^2_{jh}}$$

Donde:

r_{jh} son los coeficientes de correlación observados entre las variables X_j y X_h

a_{jh} son los coeficientes de correlación observados entre las variables X_j y X_h

El valor KMO mostrado en la Tabla 6-22, correspondiente análisis de la causa materiales muestran un resultado .59 > 0.5, el cual al comparar este resultado con la Tabla 6-23 Interpretación de la evaluación de KMO, muestra que la solución a encontrar es baja, por que supera muy poco el valor de 0.5. Esto podría indicar que algunas variables no deberían estar en el análisis.

Análisis de Adecuación Individual (MAS_i)

Después del análisis global se tiene que analizar cada variable y esto se lleva a cabo en la antiimagen de la matriz de correlación, que es una matriz formado por el valor negativo de la correlación parcial y la diagonal de dicha matriz. El resultado es una medida que se le conoce como MAS_i (por sus siglas en inglés, Measure of Sampling Adequacy – Medida de Adecuación Muestral individual de cada variable), el resto son correlaciones parciales. Así que los valores de del MAS_i de la diagonal principal, deben ser valores grandes. Sí KMO >

0.50 se ve la matriz antiimagen, pero sin olvidar que si el MASi < a 0.50 la variable debe ser eliminada del estudio (ver Tabla 6-24).

Tabla 6-24 Matriz de correlación anti-imagen

		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
Covarianza anti-imagen	M1	.256	-.051	.099	-.050	-.045	-.062	-.046	.045	.018	.033	.039	.115	.132	.049
	M2	-.051	.449	-.001	-.017	-.041	.001	.015	.001	.017	.014	.034	.025	.034	.057
	M3	.099	-.001	.092	-.013	-.045	-.030	-.052	.031	.010	.017	.019	.038	.061	.072
	M4	-.050	-.017	-.013	.348	-.049	.027	.019	.077	.015	.170	.201	.115	.022	.058
	M5	-.045	-.041	-.045	-.049	.387	.048	.013	.048	.017	.051	.019	.086	.055	.015
	M6	-.062	.001	-.030	.027	.048	.160	.079	.108	.075	.022	.022	.057	.048	.013
	M7	-.046	.015	-.052	.019	.013	.079	.136	.080	.102	.039	.006	.018	.028	.050
	M8	.045	-.001	.031	-.077	-.048	-.108	-.080	.128	.048	.075	.078	.041	.048	.014
	M9	-.018	-.017	-.010	.015	.017	-.075	-.102	.048	.157	.030	.045	.014	.019	.000
	M10	-.033	.014	.017	.170	-.051	.022	.039	.075	.030	.228	.143	.086	.032	.001
	M11	-.039	.034	-.019	-.201	.019	-.022	-.006	.078	.045	.143	.399	.022	.005	.011
	M12	.115	.025	.038	-.115	-.086	-.057	-.018	.041	.014	.086	.022	.188	.076	.046
	M13	-.132	-.034	-.061	.022	.055	.048	.028	.048	.019	.032	.005	.076	.125	.003
	M14	-.049	-.057	-.072	.058	-.015	.013	.050	.014	.000	.001	.011	.046	.003	.134
Correlación anti-imagen	M1	.239 ^a	-.151	.648	-.167	-.144	-.308	-.249	.251	.091	.137	.122	.525	.735	.265
	M2	-.151	.917 ^a	-.006	-.043	-.099	.002	.063	.004	.066	.043	.079	.088	.142	.231
	M3	.648	-.006	.545 ^a	-.073	-.236	-.244	-.463	.284	.083	.117	.100	.289	.567	.647
	M4	-.167	-.043	-.073	.466 ^a	-.133	.114	.087	.363	.064	.604	.539	.451	.106	.269
	M5	-.144	-.099	-.236	-.133	.835 ^a	.192	.056	.217	.069	.172	.048	.320	.250	.068
	M6	-.308	.002	-.244	.114	.192	.587 ^a	.539	.752	.473	.113	.086	.327	.339	.090
	M7	-.249	.063	-.463	.087	.056	.539	.439 ^a	.610	.703	.223	.026	.115	.213	.373
	M8	.251	-.004	.284	-.363	-.217	-.752	-.610	.531 ^a	.339	.442	.343	.265	.379	.111
	M9	-.091	-.066	-.083	.064	.069	-.473	-.703	.339	.658 ^a	.160	.179	.081	.133	.001
	M10	-.137	.043	.117	.604	-.172	.113	.223	.442	.160	.555 ^a	.474	.415	.188	.005
	M11	-.122	.079	-.100	-.539	.048	-.086	-.026	.343	.179	.474	.612 ^a	.081	.024	.048
	M12	.525	.088	.289	-.451	-.320	-.327	-.115	.265	.081	.415	.081	.644 ^a	.493	.292
	M13	-.735	-.142	-.567	.106	.250	.339	.213	.379	.133	.188	.024	.493	.577 ^a	.027
	M14	-.265	-.231	-.647	.269	-.068	.090	.373	.111	.001	.005	.048	.292	.027	.717 ^a

a. Medida de adecuación muestral

Valores menores de 0.50, se deben eliminarse esas variables

Los valores de los materiales M1 (resina commodity), M4 (pigmentos) y M7 (poliestrech), tuvieron un valor de MASi < 0.50, así que fueron eliminados de este estudio y se volvió a realizar el análisis de factores, hasta que todas quedaran con valores mayores a 0.5. Entonces, al quitar las variables M1, M4 y M7 se obtuvo lo siguiente (Tabla 6-25):

Tabla 6-25 Resultados KMO y Prueba de Bartlett en SPSS.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)		.724
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado χ^2_c	186.403
	gl	55
	Sig.	.000

Como se observa el KMO aumentó de .588 a .724, la sig. =.000 sigue menor a 0.05, por lo que llevar a cabo la **técnica de factores tiene sentido**.

=PRUEBA.CHI.INV(0.05,C3)			
B	C	D	E
		t =	
		0.05	
a =	55	73.311	= ji cuadrada

También se analizó la prueba de esfericidad de Barlett (Ilustración 6-26):

Ilustración 6-26 Cálculo de ji cuadrada en Excel

$$X_{t,a}^2 = X_{0.05,55}^2 = \mathbf{73.311}$$

Si: $\chi_c^2 > X_{t,a}^2$ se rechaza H_0

Al comparar el cálculo contra el teórico se tiene que:

$$\mathbf{186.403} > \mathbf{73.311} \text{ y por lo tanto se rechaza } H_0$$

Como se rechazó H_0 , entonces se concluye que **el sí se debe utilizar la técnica de análisis de factores para resumir la información de la base de datos**.

A continuación se presenta la nueva matriz anti-imagen para revisar los valores del MAS_i (Tabla 6-26) y se puede observar que ya no existe ningún valor menor de 0.5. Por lo tanto, se procede el análisis.

Tabla 6-26 Matriz de correlación anti-imagen

		M2	M3	M5	M6	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
Covarianza anti-imagen	M2	.462	.045	-.060	-.022	.013	-.035	.032	.015	.071	-.136	-.085
	M3	.045	.191	-.053	.038	-.017	-.154	.117	-.006	-.012	-.039	-.114
	M5	-.060	-.053	.406	.056	-.096	.052	-.052	-.037	-.146	.071	-.024
	M6	-.022	.038	.056	.236	-.157	-.081	-.021	-.041	-.069	.045	-.042
	M8	.013	-.017	-.096	-.157	.243	-.023	-.066	.111	.016	-.096	.063
	M9	-.035	-.154	.052	-.081	-.023	.371	-.056	-.165	.007	.066	.085
	M10	.032	.117	-.052	-.021	-.066	-.056	.376	-.114	-.076	.056	-.080
	M11	.015	-.006	-.037	-.041	.111	-.165	-.114	.603	-.045	-.055	.026
	M12	.071	-.012	-.146	-.069	.016	.007	-.076	-.045	.320	-.066	-.027
	M13	-.136	-.039	.071	.045	-.096	.066	.056	-.055	-.066	.274	-.063
	M14	-.085	-.114	-.024	-.042	.063	.085	-.080	.026	-.027	-.063	.171
Correlación anti-imagen	M2	.797a	.151	-.138	-.066	.038	-.085	.076	.028	.185	-.383	-.303
	M3	.151	.637a	-.190	.178	-.077	-.580	.438	-.018	-.050	-.172	-.632
	M5	-.138	-.190	.807a	.180	-.306	.134	-.134	-.075	-.406	.212	-.090
	M6	-.066	.178	.180	.728a	-.657	-.274	-.072	-.108	-.250	.178	-.208
	M8	.038	-.077	-.306	-.657	.661a	-.077	-.218	.291	.057	-.372	.309
	M9	-.085	-.580	.134	-.274	-.077	.598a	-.150	-.350	.021	.208	.337
	M10	.076	.438	-.134	-.072	-.218	-.150	.728a	-.239	-.221	.174	-.315
	M11	.028	-.018	-.075	-.108	.291	-.350	-.239	.722a	-.101	-.135	.082
	M12	.185	-.050	-.406	-.250	.057	.021	-.221	-.101	.854a	-.222	-.117
	M13	-.383	-.172	.212	.178	-.372	.208	.174	-.135	-.222	.753a	-.289
	M14	-.303	-.632	-.090	-.208	.309	.337	-.315	.082	-.117	-.289	.694a

a. Medida de adecuación muestral

En esta tabla se observa que ningún valor de correlación a, es menor a .500, por lo que se puede proceder al análisis de factores.

Determinante de la matriz de correlación.

En valor de la determinante es igual a cero (Tabla 6-27), lo cual indica nuevamente la **conveniencia de analizar el problema mediante el análisis de factores**. En esta tabla se indica que la variación inicial que tiene cada variable es de 1 y la columna de extracción indica la variación que se logró captar por los factores que se tienen en la matriz no rotada. El comunales iniciales valen 1 porque se ha elegido el método de componentes principales.

Tabla 6-27 Matriz de correlaciones con determinante

		M2	M3	M5	M6	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
Correlación	M2	1.000	.490	.317	.059	.096	-.041	-.074	.009	.256	.677	.651
	M3	.490	1.000	.456	.091	.125	.304	-.133	.185	.436	.660	.782
	M5	.317	.456	1.000	.396	.479	.220	.398	.258	.693	.378	.505
	M6	.059	.091	.396	1.000	.805	.541	.618	.349	.561	.096	.119
	M8	.096	.125	.479	.805	1.000	.437	.555	.188	.522	.214	.107
	M9	-.041	.304	.220	.541	.437	1.000	.347	.511	.317	-.033	.012
	M10	-.074	-.133	.398	.618	.555	.347	1.000	.394	.504	-.075	.037
	M11	.009	.185	.258	.349	.188	.511	.394	1.000	.369	.060	.109
	M12	.256	.436	.693	.561	.522	.317	.504	.369	1.000	.440	.517
	M13	.677	.660	.378	.096	.214	-.033	-.075	.060	.440	1.000	.759
	M14	.651	.782	.505	.119	.107	.012	.037	.109	.517	.759	1.000

a. Determinante = .000

Una vez aclarados estos términos se debe recordar que el análisis de factores genera una respuesta que hasta cierto punto puede considerarse subjetiva.

Recordemos que el objetivo del modelo de componentes principales es confirmar una teoría o hipótesis previamente establecida, lo que se llamará confirmatorio y el modelo de factor común se enfoca a un análisis de tipo exploratorio, pues se desea estudiar dentro del conjunto de datos esa estructura latente que hace que las variables muestren interrelación. El modelo

Varianza total explicada

El análisis de factores busca aspectos comunes entre variables para agruparlas, como se mencionó en el marco conceptual, la Tabla 6-28, muestra la varianza total o común entre las variables.

Tabla 6-28 Varianza total explicada

Componente		Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción	
		Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza
dimensión	1	4.412	40.109	40.109	4.412	40.109
	2	2.724	24.764	64.873	2.724	24.764
	3	1.073	9.754	74.627	1.073	9.754
	4	.762	6.927	81.554		
	5	.600	5.452	87.006		
	6	.390	3.546	90.552		
	7	.349	3.171	93.722		
	8	.254	2.305	96.027		
	9	.225	2.045	98.073		
	10	.126	1.141	99.214		
	11	.086	.786	100.000		

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

El gráfico de sedimentación (Ilustración 6-27) nos indica que sólo son mayores que 1 los autovalores de las tres primeras variables, con lo que estas tres variables resumirán al resto presentándolas en forma coherente (serán tres componentes principales que resumen toda la información). La varianza total explicada muestra que los tres primeros componentes resumen el 74.627% de la variabilidad total.

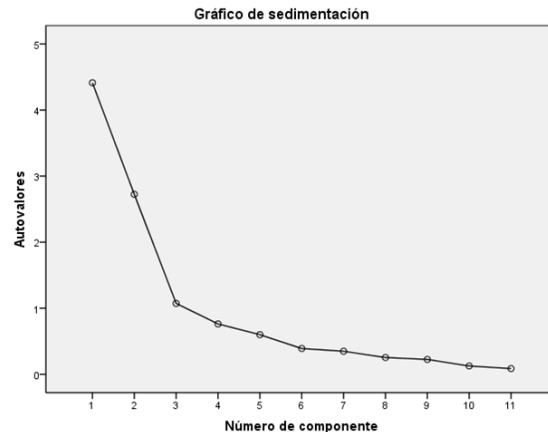


Ilustración 6-27 Gráfico de sedimentación

En la siguiente Tabla 6-29, se presenta la matriz de los componentes, que es la matriz factorial que recoge la carga o ponderación de cada factor en cada una de las variables.

Tabla 6-29 Matriz de componentes^a

		Componente		
		1	2	3
M2	resina especializada	.498	-.609	-.105
M3	masterbatch	.651	-.534	.348
M5	pintura para plástico	.770	-.012	-.182
M6	peletizado	.666	.567	-.165
M8	poliburbuja	.661	.466	-.342
M9	bolsas de nylon	.486	.472	.554
M10	cajas de cartón	.502	.636	-.220
M11	separadores de cartón	.454	.349	.623
M12	contenedores o rack	.841	.099	-.113
M13	partes para subensamble metálicos	.624	-.627	-.081
M14	Laboratorios de pruebas	.690	-.615	.010

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

^a. 3 componentes extraídos

Según la información de la matriz de componentes tenemos ya las variables iniciales definidas en función de los componentes (factores) de la siguiente forma:

$$M2 = .498 C1 - .609 C2 - .105 C3$$

$$M3 = .651 C1 - .534 C2 + .348 C3$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$M14 = .690 C1 - .615 C2 + .010 C3$$

Rotación de factores

Cuando es difícil agrupar las variables en componentes (factor) se procede a realizar una rotación. La rotación Varimax tiene la propiedad de que los factores siguen siendo incorrelacionados (Pérez 2004). En la Tabla 6-30 se muestra la matriz de componentes rotados para las variables de materiales.

Tabla 6-30 Matriz de componentes rotados^a

		Componente		
		1	2	3
M2	resina especializada	.783	.030	-.126
M3	masterbatch	.841	-.048	.348
M5	pintura para plástico	.518	.589	.106
M6	peletizado	.018	.844	.283
M8	poliburbuja	.086	.869	.092
M9	bolsas de nylon	-.013	.319	.814
M10	cajas de cartón	-.144	.802	.201
M11	separadores de cartón	.059	.194	.822
M12	contenedores o rack	.485	.665	.229
M13	partes para subensamble metálicos	.881	.091	-.067
M14	Laboratorios de pruebas	.918	.096	.039

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 4 iteraciones.

Se representan cada una de las 11 variables por medio de tres factores extraídos utilizando la matriz de componentes. Podemos escribir entonces lo siguiente:

$$M2 = .783 C1 + .030 C2 - .126 C3$$

$$M3 = .841 C1 - .048 C2 + .348 C3$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$M14 = .918 C1 + .096 C2 + .039 C3$$

Sin embargo, aunque se hizo se rotaron los factores, la matriz de componentes inicial muestran más congruencia con la realidad del sector. Ya que tomando esos criterios de importancia de esos coeficientes de cada combinación y considerando casi todos los de mayor valor para cada componente, proponemos lo siguiente:

Componente 1 – Factores específicos del área automotriz

Orientada a las características de la industria de transformación del plástico: resina especializada, masterbatch, pintura para plástico, peletizado, contenedores o rack, partes para subensamble metálicos y laboratorios de pruebas, todos estos factores explican aproximadamente el 40.11 % de variabilidad total.

Componente 2 – Factores específicos del empaque de cartón

Caracteriza principalmente factores relacionados con el cartón como son: cajas de cartón y separadores de cartón. El 2.73 % de variabilidad es explicado por este factor.

Componente 3 – Factores específicos del material de nylon para el empaque.

Trata sobre los materiales de nylon utilizados también para el empaque: bolsas de nylon para que proteja al producto terminado de ralladuras; y material de empaque de poliburbuja, el cual también es de nylon pero con bolsas de aire, utilizado para amortiguar el impacto en el transporte de los productos terminados y evitar fisuras o rajaduras. Este factor explica aproximadamente el 1.07 % de la variabilidad total.

Cabe destacar que aunque en el componente uno se menciona que es específico para los industriales automotrices del plástico, no quiere decir que se han excluidos los industriales de los productos para el hogar y otros productos. Lo que sucedió en este análisis es que sus materias primas como resina virgen o commodity y pigmentos, no son factores críticos causantes de las no entregas a tiempo, debido que los problemas más expuestos en este estudio son problemas de material para el embalaje. Estos componentes tienen la ventaja de ser linealmente independientes y pueden ser utilizados, en el lugar de las variables originales.

Análisis de Componentes Principales, causas Proveedor

Determinante de la matriz de correlación

En este primer elemento se observa en la salida del procedimiento la matriz de correlaciones, cuyo determinante es .014 (Tabla 6-31), el cual al ser muy pequeño indica que el grado de intercorrelación entre las variables es muy alto, condición inicial que se cumple para el análisis de componentes principales.

Tabla 6-31 Matriz de correlaciones^a

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Correlación	S1	1.000	.356	.560	.062	.239	.259	.429	.361
	S2	.356	1.000	.608	.578	.516	.546	.517	.568
	S3	.560	.608	1.000	.366	.689	.399	.606	.253
	S4	.062	.578	.366	1.000	.522	.556	.375	.490
	S5	.239	.516	.689	.522	1.000	.322	.661	.110
	S6	.259	.546	.399	.556	.322	1.000	.345	.573
	S7	.429	.517	.606	.375	.661	.345	1.000	.203
	S8	.361	.568	.253	.490	.110	.573	.203	1.000

a. Determinante = .014

Análisis de suficiencia general o Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

El valor KMO mostrado en la Tabla 6-32, correspondiente análisis de las causas proveedor muestran un resultado .79 > 0.5, el cual al comparar este resultado con la Tabla 6-23 Interpretación de la evaluación de KMO, muestra que la solución a encontrar es aceptable, por que supera el valor de 0.5.

Tabla 6-32 Resultados KMO y Prueba de Bartlett en SPSS.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)		.778
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado χ^2_c	109.078
	gl	28
	Sig.	.000

Prueba de contraste de esfericidad de Bartlett

También se analizó la prueba de esfericidad de Bartlett (Ilustración 6-28):

$$X^2_{t,a} = X^2_{0.05,25} = 37.652$$

Si: $\chi^2_c > X^2_{t,a}$ se rechazar H_0

=PRUEBA.CHI.INV(0.05,C3)			
B	C	D	E
		t =	
		0.05	
a =	25	37.652	= ji cuadrada

Ilustración 6-28 Cálculo de ji cuadrada en Excel

Al comparar el cálculo contra el teórico se tiene que:

$$109.078 > 37.652 \text{ y por lo tanto se rechaza } H_0$$

Como se rechazó H_0 , entonces se concluye que **sí se debe utilizar la técnica de análisis de factores para resumir la información de la base de datos**, dado que hay una buena adecuación de la muestra en este análisis.

El cuarto elemento de Tabla 6-32, el valor de p-value es de .000, así que se puede concluir que existe correlación significativa entre las variables.

Análisis de Adecuación Individual (MSA_i)

Después del análisis global se tiene que analizar cada variable y esto se lleva a cabo en la antiimagen de la matriz de correlación, que es una matriz formado por el valor negativo de la correlación parcial y la diagonal de dicha matriz. El resultado es una medida que se le conoce como MSA_i (por sus siglas en inglés, Measure of Sampling Adequacy – Medida de Adecuación Muestral individual de cada variable), el resto son correlaciones parciales. Así que los valores de MSA_i de la diagonal principal, deben ser valores grandes. Si $KMO > 0.50$ se ve la matriz antiimagen, pero sin olvidar que si el $MSA_i < 0.50$ la variable debe ser eliminada del estudio, por lo tanto según los resultados observando de la matriz de la Tabla 6-33, vemos que tenemos buenos resultados.

Tabla 6-33 Matriz de correlación anti-imagen

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Covarianza anti-imagen	S1	.512	.034	-.187	.119	.066	.013	-.131	-.162
	S2	.034	.381	-.108	-.072	-.016	-.034	-.068	-.152
	S3	-.187	-.108	.312	.027	-.149	-.054	-.004	.052
	S4	.119	-.072	.027	.432	-.139	-.123	-.002	-.134
	S5	.066	-.016	-.149	-.139	.323	.024	-.156	.082
	S6	.013	-.034	-.054	-.123	.024	.532	-.037	-.148
	S7	-.131	-.068	-.004	-.002	-.156	-.037	.462	.038
	S8	-.162	-.152	.052	-.134	.082	-.148	.038	.435
Correlación anti-imagen	S1	.635 ^a	.076	-.468	.252	.163	.026	-.269	-.344
	S2	.076	.865 ^a	-.314	-.178	-.046	-.076	-.161	-.374
	S3	-.468	-.314	.764 ^a	.075	-.471	-.132	-.012	.141
	S4	.252	-.178	.075	.782 ^a	-.372	-.257	-.004	-.309
	S5	.163	-.046	-.471	-.372	.729 ^a	.058	-.405	.219
	S6	.026	-.076	-.132	-.257	.058	.877 ^a	-.074	-.308
	S7	-.269	-.161	-.012	-.004	-.405	-.074	.850 ^a	.086
	S8	-.344	-.374	.141	-.309	.219	-.308	.086	.685 ^a

a. Medida de adecuación muestral

También se demuestra en Tabla 6-33 que ningún valor de las variables es menor a .500 (a. Medida de adecuación muestral). Por lo que todas las variables deben estar incluidas en el análisis.

Comunalidad

A continuación se analiza la comunalidad de cada variable (suma de los cuadrados de sus cargas factoriales definidas en la matriz de componentes) después de la extracción de factores (componentes). La comunalidad es la parte de variabilidad de cada variable explicada por los factores (ver Tabla 6-34). Antes de la extracción de los factores la comunalidad de cada variable es la unidad, e interesa después de que la extracción siga siendo alta (Pérez-López 2004).

Tabla 6-34 Comunalidades

	Inicial	Extracción
S1	1.000	.906
S2	1.000	.724
S3	1.000	.805
S4	1.000	.822
S5	1.000	.876
S6	1.000	.689
S7	1.000	.722
S8	1.000	.855

Método de extracción:
Análisis de Componentes principales.

Varianza total explicada

Ahora analizaremos el número de componentes con el que nos quedaremos, que normalmente son las relativas a valores propios mayores que la unidad. Se observa en la Tabla 6-35 de la varianza total explicada que el primer componente explica el 50.88 % de la varianza total, y los dos siguientes un 16.39% y un 12.71% (un 79.98% entre los tres. Así mismo el gráfico de sedimentación (Ilustración 6-29) muestra que sólo hay tres componentes con autovalor mayor que 1.

Tabla 6-35 Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción	
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza
1	4.071	50.882	50.882	4.071	50.882
2	1.311	16.387	67.269	1.311	16.387
3	1.017	12.708	79.976	1.017	12.708
4	.439	5.482	85.459		
5	.403	5.039	90.497		
6	.349	4.362	94.859		
7	.234	2.928	97.788		
8	.177	2.212	100.000		

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

En la Tabla 6-36, de muestra que el componente 1, esta recargado con más variables originales, y solo quedaría una variable para el componente 2, y otra para el componente 3. Por lo que esta distribución no es adecuada, y se procedió a rotar componentes para encontrar una mejor solución.

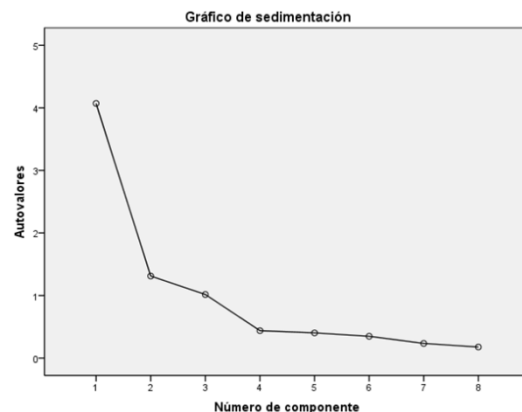


Ilustración 6-29 Gráfico de sedimentación

Tabla 6-36 Matriz de componentes^a

		Componente		
		1	2	3
S1	que el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso?	.547	-.256	.736
S2	el proveedor excede el tiempo de entrega acordado?	.837	.151	-.015
S3	el proveedor actual no cuenta con niveles suficientes de inventario?	.800	-.393	.101
S4	la falta de proveedores nacionales de resina?	.702	.356	-.450
S5	el proveedor no cumple con los requerimientos, aunque se le envíe el pronóstico anual anticipadamente	.736	-.416	-.401
S6	el tamaño mínimo de venta es mucho mas grande que la cantidad requerida?	.699	.448	.000
S7	la cantidad enviada de materia prima no corresponde a lo requerido?	.738	-.416	-.066
S8	cambio release por parte del proveedor?	.602	.628	.312

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

^a. 3 componentes extraídos

Dado que los resultados de la Tabla 6-36, no muestran una congruencia para la agrupación de los componentes se procedió a rotar los componentes.

Tabla 6-37 Matriz de componentes rotados^a

		Componente		
		1	2	3
S1	que el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso	.242	.157	.907
S2	el proveedor excede el tiempo de entrega acordado	.501	.657	.203
S3	el proveedor actual no cuenta con niveles suficientes de inventario	.753	.218	.436
S4	la falta de proveedores nacionales de resina	.457	.727	-.290
S5	el proveedor no cumple con las entregas, aunque se le envíe anticipadamente	.921	.160	-.037
S6	el tamaño mínimo de venta es mucho más grande que la cantidad requerida	.221	.794	.099
S7	la cantidad enviada de materia prima no corresponde a lo requerido	.789	.161	.270
S8	cambio release por parte del proveedor	-.077	.867	.311

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

A continuación, considerando el mayor valor para cada componente, proponemos lo siguiente:

Componente 1: Preparación del nivel de inventario para envió a tiempo

C1 = .921 (no cumple aunque se le **envíe** el pronóstico anual)
 + .789 (la cantidad **enviada** no es lo requerido)
 + .753 (no suficientes nivel de inventario)

Componente 2: Factor externo incontrolable

C2 = + .727 (falta de proveedores nacionales de resina)
 + .794 (el tamaño mínimo de venta es mucho mas grande)
 + .657 (excede el tiempo de entrega)
 + .867 (cambio release por parte del proveedor)

Componente 3: Factor externo controlable (adaptación)

C3 = .907 (que el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso)

Según la percepción de las industrias de transformación de plástico de la localidad, lo tiempos largos no es causante de no-entregas a tiempo, el principal problema es que no entregan aunque se les envíe el pronóstico anual, por lo que envían cantidades no requeridas.

El segundo componente, según la percepción del encuestado es que hay un excedente en el tiempo de entrega acordado, posiblemente por que recurren a la importación de resina, ya que hay muy pocos proveedores nacionales. El tercer componente recordemos solo representa un 12.71%, por lo que la variable aquí mencionada (el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso), es un factor que menos influye como causa de no-entregas a tiempo.

ACP- Factores Internos: causas de producción y logística

Prueba de eliminación 1, sin las variables originales P6, L6, L5, P5.

Dado que los primeros cálculos para el análisis de factores en el paquete estadístico no se obtuvo una respuesta favorable en las pruebas de KMO, Bartlett, Chi cuadrada, p-value (Sig.) y determinante, se procedió a eliminar variables. Las primeras variables eliminadas, ya que no había tabla de correlaciones anti-imagen para decidir que variables eliminar, se optó por deshacerse de las variables que poco ocasionaban retrasos en la entrega a tiempo, según la Tabla 6-13, donde se muestra que P6 y LP tenían es el de mayor frecuencia, porque recordemos que entre los valores de la escala 1 al 6, el valor 6 era el último lugar. Después de esta corrida del paquete estadístico, se tuvo valores de la medida de adecuación muestral menores que .500, así que se eliminaron las variables L5 y P5, hasta obtener un valor cercano de KMO a .50, este resultado se muestra en Tabla 6-39. Pero antes se debe analizar el resultado de la determinante de la matriz de correlación.

Determinante de la matriz de correlación

En este primer elemento se observa en la salida del procedimiento, es la matriz de correlaciones cuyo determinante es .201 (Tabla 6-38), el cual al ser muy grande indica que el grado de intercorrelación entre las variables es muy bajo, condición inicial que debería cumplirse para el análisis de componentes principales, pero no es así. Sin embargo, seguiremos con las siguientes pruebas.

Tabla 6-38 Matriz de correlaciones^a

		P1	P2	P3	P4	L1	L2	L3	L4
Correlación	P1	1.000	-.110	-.370	.098	.278	-.025	-.101	-.064
	P2	-.110	1.000	-.004	-.161	-.030	-.049	-.189	.208
	P3	-.370	-.004	1.000	-.551	-.023	-.143	.159	-.097
	P4	.098	-.161	-.551	1.000	-.120	.005	-.169	.115
	L1	.278	-.030	-.023	-.120	1.000	-.495	.126	-.212
	L2	-.025	-.049	-.143	.005	-.495	1.000	-.076	.202
	L3	-.101	-.189	.159	-.169	.126	-.076	1.000	-.540
	L4	-.064	.208	-.097	.115	-.212	.202	-.540	1.000

a. Determinante = .201

Análisis de suficiencia general o Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

Tabla 6-39 Resultados KMO y Prueba de Bartlett en SPSS.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)		.490
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado χ^2_c	40.851
	gl	28
	Sig.	.055

Análisis de Adecuación Individual (MSAi)

Dado que el valor KMO de la Tabla 6-39 es menor de .500, no es conveniente el análisis de factores, por lo que se revisa la Tabla 6-40, de correlaciones anti-imagen nuevamente para buscar que valor es menor a la medida de adecuación muestral de .50 y así elegir la variable que saldrá del análisis.

Tabla 6-40 Matriz de correlación anti-imagen

		P1	P2	P3	P4	L1	L2	L3	L4
Covarianza anti-imagen	P1	.747	.115	.227	.081	-.175	-.036	.114	.070
	P2	.115	.862	.121	.189	.035	.103	.096	-.101
	P3	.227	.121	.547	.332	.074	.143	-.003	.002
	P4	.081	.189	.332	.598	.123	.140	.060	-.031
	L1	-.175	.035	.074	.123	.642	.335	-.046	.026
	L2	-.036	.103	.143	.140	.335	.674	-.037	-.099
	L3	.114	.096	-.003	.060	-.046	-.037	.665	.334
	L4	.070	-.101	.002	-.031	.026	-.099	.334	.654
Correlación anti-imagen	P1	.486 ^a	.143	.355	.122	-.253	-.051	.162	.100
	P2	.143	.408^a	.176	.263	.047	.135	.127	-.135
	P3	.355	.176	.467 ^a	.581	.126	.235	-.006	.003
	P4	.122	.263	.581	.431 ^a	.199	.220	.096	-.049
	L1	-.253	.047	.126	.199	.507 ^a	.509	-.071	.040
	L2	-.051	.135	.235	.220	.509	.436^a	-.055	-.149
	L3	.162	.127	-.006	.096	-.071	-.055	.567 ^a	.506
	L4	.100	-.135	.003	-.049	.040	-.149	.506	.591 ^a

a. Medida de adecuación muestral

En la Tabla 6-40, observamos que los valores de P2 y L2, son menores que .500, pero se creyó conveniente dejar estas variables ya que en el análisis descriptivo de la Tabla 6-13, la suma de primeras causas (suma menor, correspondiente a la causa 1, la que más frecuentemente ocasiona demoras en primer lugar). Es así que estas variables de aquí en adelante serán llamadas variables originales con inmunidad. Por lo tanto eliminaremos la siguiente variable con valor menor a .50, (P3) y posteriormente, seguiremos analizando las eliminaciones hasta encontrar componentes congruentes con la realidad.

Prueba de eliminación 2, sin P3

Determinante de la matriz de correlación

En este primer elemento se observa en la salida del procedimiento, es la matriz de correlaciones cuyo determinante es .368 (Tabla 6-41), el cual al ser muy grande indica que el grado de intercorrelación entre las variables es muy bajo, condición inicial que debería cumplirse para el análisis de componentes principales, pero no es así.

Tabla 6-41 Matriz de correlaciones^a

Matriz de correlaciones ^a
a. Determinante = .368

Análisis de suficiencia general o Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

El valor KMO mostrado en la Tabla 6-42, correspondiente análisis de las causas de producción y logística muestran un resultado $.516 > 0.5$, el cual al comparar este resultado con la Tabla 6-23 Interpretación de la evaluación de KMO, muestra que la solución a encontrar es aceptable, por que supera el valor de 0.5. Sin embargo, el resultado de Chi-Cuadrado muestra un resultado malo según la adecuación de la muestra. También se muestra una normalidad adecuada de los datos, ya que el resultado es p-value es mayor a .05.

Tabla 6-42 Resultados KMO y Prueba de Bartlett en SPSS.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin		.516	>	.500	Aceptable adecuación de la muestra
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	25.797	<	29.615	Mala relación entre variables
	χ^2				
	gl	21			
	Sig.	.214	>	.05	No hay normalidad

Análisis de Adecuación Individual (MSAi)

Dado que el resultado de la prueba Chi-Cuadrado de Tabla 6-42, mostró una mala adecuación de la muestra para el número de variables, se revisa la Tabla 6-43, de correlaciones anti-imagen nuevamente para buscar algún valor menor a la medida de adecuación muestral de .50 y así elegir la variable que saldrá del análisis.

Tabla 6-43 Matriz de correlación anti-imagen

		P2	L1	L2	L3	L4	P1	P4
Covarianza anti-imagen	P2	.890	.020	.078	.100	-.105	.077	.180
	L1	.020	.653	.339	-.047	.026	-.240	.120
	L2	.078	.339	.714	-.038	-.105	-.115	.085
	L3	.100	-.047	-.038	.665	.334	.132	.094
	L4	-.105	.026	-.105	.334	.654	.079	-.048
	P1	.077	-.240	-.115	.132	.079	.854	-.097
	P4	.180	.120	.085	.094	-.048	-.097	.902
Correlación anti-imagen	P2	.562 ^a	.026	.098	.130	-.137	.088	.201
	L1	.026	.511 ^a	.497	-.071	.040	-.321	.156
	L2	.098	.497	.482 ^a	-.055	-.154	-.148	.106
	L3	.130	-.071	-.055	.543 ^a	.506	.176	.122
	L4	-.137	.040	-.154	.506	.582 ^a	.106	-.063
	P1	.088	-.321	-.148	.176	.106	.378 ^a	-.111
	P4	.201	.156	.106	.122	-.063	-.111	.462 ^a

a. Medida de adecuación muestral

En esta tabla se muestra que las medidas de adecuación muestral no mayores de .500 son P1 y P4, las cuales son eliminadas del análisis, y se vuelve a realizar el análisis de componentes principales sin estas. Aunque esta prueba, al igual que la anterior muestra una congruencia en el Componente 1 (L3 y L4), así como en el Componente 1(L1 y L2); En el componente 3, formado por P2(mala programación por no considerar desperdicios) y P4 (Exceso de producción no requerida), faltaría el hilo conductor de estas causas, la cual fue muy clara en la prueba anterior, nos referimos a P1 (no seguimiento al programa de producción o MRP).

Prueba de eliminación 3, sin P1 y P4 (causa producción y logística)

Determinante de la matriz de correlación

En este primer elemento se observa en la salida del procedimiento, es la matriz de correlaciones cuyo determinante es .478 (Tabla 6-41), el cual al ser muy grande indica que el grado de intercorrelación entre las variables es muy bajo, condición inicial que debería cumplirse para el análisis de componentes principales, pero no es así.

Tabla 6-44 Matriz de correlaciones^a

Matriz de correlaciones ^a
a. Determinante = .478

Análisis de suficiencia general o Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

El valor KMO mostrado en la Tabla 6-45, correspondiente análisis de las causas de producción y logística sin muestran un resultado $.568 > 0.5$, el cual al comparar este resultado con la Tabla 6-23 Interpretación de la evaluación de KMO, muestra que la solución a encontrar es aceptable, por que supera el valor de 0.5. Así mismo hay buena adecuación de la muestra y normalidad de los datos.

Tabla 6-45 Resultados KMO y Prueba de Bartlett en SPSS.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin		.568	>	.500	Aceptable adecuación de la muestra
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	19.889	>	15.987	Buena relación entre variables
	χ^2_c				
	gl	10			
	Sig.	.03	<	.05	Si hay normalidad

Análisis de Adecuación Individual (MSAi)

Después del análisis global, como se ha mencionado en las últimas pruebas, se tiene que analizar cada variable y esto se lleva a cabo en la antiimagen de la matriz de correlación, que es una matriz formado por el valor negativo de la correlación parcial y la diagonal de dicha matriz. El resultado es una medida que se le conoce como MAS_i (por sus siglas en inglés, Measure of Sampling Adequacy – Medida de Adecuación Muestral individual de cada variable), el resto son correlaciones parciales. Así que los valores de del MAS_i de la diagonal principal, deben ser valores grandes. Sí KMO > 0.50 se ve la matriz antiimagen, pero sin olvidar que si el MAS_i < a 0.50 la variable debe ser eliminada del estudio, por lo

tanto según los resultados observando de la matriz de la Tabla 6-46, vemos que tenemos buenos resultados.

Tabla 6-46 Matriz de correlación anti-imagen

		P2	L1	L2	L3	L4
Covarianza anti-imagen	P2	.939	.026	.080	.072	-.111
	L1	.026	.740	.350	-.025	.060
	L2	.080	.350	.736	-.031	-.095
	L3	.072	-.025	-.031	.701	.349
	L4	-.111	.060	-.095	.349	.664
Correlación anti-imagen	P2	.686 ^a	.031	.096	.089	-.140
	L1	.031	.567 ^a	.474	-.035	.086
	L2	.096	.474	.536 ^a	-.044	-.137
	L3	.089	-.035	-.044	.562 ^a	.511
	L4	-.140	.086	-.137	.511	.578 ^a

a. Medida de adecuación muestral

Comunalidad

A continuación se analiza la comunalidad de cada variable (suma de los cuadrados de sus cargas factoriales definidas en la matriz de componentes) después de la extracción de factores (componentes). La comunalidad es la parte de variabilidad de cada variable explicada por los factores (ver Tabla 6-47). Antes de la extracción de los factores la comunalidad de cada variable es la unidad, e interesa después de que la extracción siga siendo alta (Pérez-López 2004).

Tabla 6-47 Comunalidades

	Inicial	Extracción
P2	1.000	.371
L1	1.000	.705
L2	1.000	.747
L3	1.000	.675
L4	1.000	.702

Método de extracción:
Análisis de Componentes principales.

En esta tabla se muestra que la extracción más alta corresponde a L2 “inexactitud del inventario”, seguida por L1 “inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas” y L4 “inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido”.

Varianza total explicada

Ahora analizaremos el número de componentes con el que nos quedaremos, que normalmente son las relativas a valores propios mayores que la unidad. Se observa en la Tabla 6-48 de la varianza total explicada que el primer componente explica el 37.59% de la varianza total, y el siguientes es del 26.43% (un 63.99% entre los dos).

Tabla 6-48 Varianza total explicada

Componente		Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción	
		Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza
dimension	1	1.878	37.562	37.562	1.878	37.562
	2	1.322	26.433	63.994	1.322	26.433
	3	.854	17.083	81.078		
	4	.506	10.125	91.203		
	5	.440	8.797	100.000		

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Así mismo el gráfico de sedimentación (Ilustración 6-29) muestra que sólo hay dos componentes con autovalor mayor que 1.

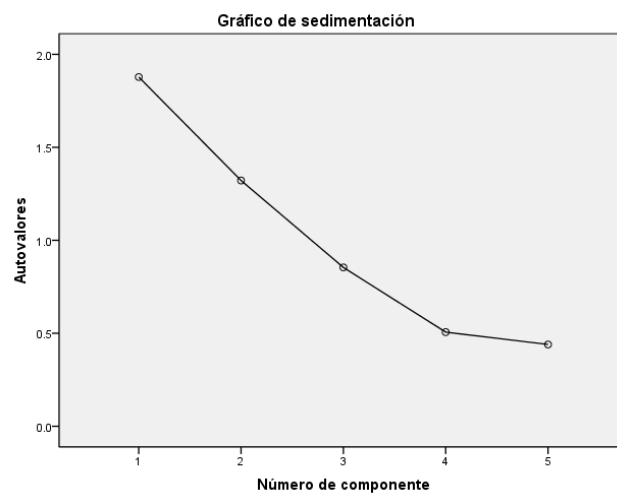


Ilustración 6-30 Gráfico de sedimentación

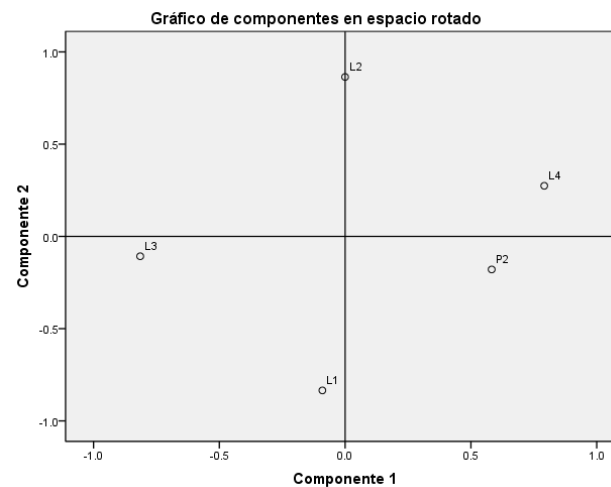


Ilustración 6-31 Gráfico de componentes en espacio rotado

En la Tabla 6-49, de muestra que el componente 1, esta recargado con más variables originales, y solo quedaría dos variables para el componente 2. Por lo que esta distribución no es adecuada, y se procedió a rotar componentes para encontrar una mejor solución.

Tabla 6-49 Matriz de componentes^a

		Componente	
		1	2
P2	Mala programación por no considerar desperdicios	.321	.518
L1	inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas	-.617	.569
L2	inexactitud del inventario (estimado-real)	.568	-.651
L3	inadecuado sistema de identificación de inventario	-.684	-.455
L4	inexistencia en almacén de materiales para el embalaje	.777	.314

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
^a. 2 componentes extraídos

Dado que los resultados de la Tabla 6-36, no muestran una congruencia para la agrupación de los componentes se procedió a rotar los componentes.

Tabla 6-50 Matriz de componentes rotados^a

		Componente	
		1	2
P2	mala programación por no considerar desperdicios	.582	-.179
L1	inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas	-.090	-.835
L2	inexactitud del inventario (estimado-real)	.000	.864
L3	inadecuado sistema de identificación de inventario	-.815	-.108
L4	inexistencia en almacén de materiales para el embalaje	.791	.274

Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser
^a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones

De los dos métodos de extracción anteriores, se decidió elegir el método no rotado, debido a que en el primer componente solo se agrupan una causa (la más crítica) de cada área de producción y logística, quedando en el segundo componente, solo causas logísticas.

A continuación, considerando el mayor valor para cada componente y proponemos lo siguiente:

Componente 1: Causas principales de entregas tardías de cada área de producción y logística

C1 = .518 (mala programación por no considerar desperdicios, P2)
- .651 (inexactitud del inventario, L2)

En el primer componente de este análisis de factores tenemos las incongruencias ocasionadas mala programación por no considerar desperdicios y la inexactitud del inventario, ocasionan retrasos en las entregas a tiempo. Por lo que también es recomendable que las empresas procesadoras de resinas, consideren adecuada planeación de la producción congruente con la información capturada en los sistemas informáticos para el manejo de inventarios y así agilizar las entregas a tiempo.

Componente 2: Prevención y manejo del inventario para envío a tiempo

C2 = -.617 (inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas, L1)
-.684 (inadecuado sistema de identificación de inventario, L3)
+ .777 (inexistencia en almacén de materiales para el embalaje, L4)

Según las deducciones de este primer componte, se podrá proponer en cualquier empresa de las estudiadas, puede mejorar el manejo y control del inventario a través de mejorar en la identificación de inventario, ya que un incorrecto sistema de identificación de inventario no permite determinar con precisión la existencia de materiales para el embalaje y determinar niveles adecuados de inventarios para cubrir las ventas.

Sin embargo, en los siguientes estadísticos se continúa analizando los datos para encontrar otras respuestas a los diferentes factores que intervienen en la satisfacción logística.

Tabla resumen del análisis de componentes principales

Items (response test)	Reducción de ítems	Factor Loading Componente			Pruebas de conveniencia del análisis de factores
Tipo de materiales	11	1	2	3	R ^a = .000
M2 resina especializada		.783			KMO ^b = .588 p-value ^c = .000
M3 masterbatch		.841			
M5 pintura para plástico		.518			
M13 partes metálicas		.881			186.403 > 73.311 ^d Acepta H _a "si hay correlación entre los datos"
M14 Laboratorios de pruebas		.918			
M6 peletizado			.844		
M8 poliburbuja			.869		
M10 cajas de cartón			.802		
M12 contenedores o rack			.665		
M9 bolsas de nylon				.814	
M11 separadores de cartón				.822	
Diligencias de los proveedores	8	1	2	3	R ^a = .014
S3 el proveedor actual no cuenta con niveles suficientes de inventario		.753			KMO ^b = .778 p-value ^c = .00
S5 el proveedor no cumple con los requerimientos, aunque se le envíe el pronóstico antes		.921			
S7 la cantidad enviada de materia prima no corresponde a lo requerido		.789			
S2 el proveedor excede el tiempo de entrega			.657		109.078 > 37.652 ^d Acepta H _a "si hay correlación entre los datos"
S4 la falta de proveedores nacionales de resina			.727		
S6 el tamaño mínimo de venta es mucho más grande que la cantidad requerida			.794		
S8 cambio release por parte del proveedor			.867		
S1 el tiempo de entrega del proveedor es extenso				.907	
Producción & Logística	5	1	2		R ^a = .478 ^a
P2 Mala programación por no considerar desperdicios		.518			KMO ^b = .568 p-value ^c = .03
L2 inexactitud del inventario		-.651			
L1 inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas			-.617		19.889 > 15.987 ^d Acepta H _a "si hay correlación entre los datos"
L3 demoras por un inadecuado sistema de identificación de inventario			-.684		
L4 inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido			.777		

^a Determinante de la matriz correlaciones. Valor "R" cercano a 0, indica la conveniencia de Analizar el problema mediante el análisis de factores; si, por el contrario se aproxima a 1 muestra que el análisis no se debe llevar a cabo.

^b Medida de Adecuación Muestral - KMO (por sus siglas en inglés Kaiser-Meyer-Olkin) donde KMO > .500, indica un valor óptimo de que tan fuerte y adecuada sería la posible solución a encontrar.

^c Si p-valor < .05 se rechaza H₀, y acepta H_a, por lo que se concluye que se tiene evidencia estadística que indica que los errores siguen una distribución normal, por lo que dicho supuesto se cumple.

^d Prueba de esfericidad de Bartlett. Si: $\chi^2_c > X^2_{t,a}$ se rechazar H₀, acepta H_a, y se concluye que si se debe utilizar la técnica de análisis de factores para resumir la información de la base de datos, porque sí hay correlación entre las variables.

Como se observa en la tabla anterior, según el procedimiento del Análisis de Componentes Principales (ACP) se redujeron el número de variables hasta que se cumplió

con las pruebas propuestas por De la Garza et al. (2013): correlación (R), adecuación muestral (KMO) y prueba de colinealidad (p-value). También se observa que las cargas de los factores de cada componente son mayores que 0.50, considerado este valor como estándar establecido para validar la convergencia según Wanger & Bode (2008).

Para las causas relacionadas con los proveedores quedaron tres componentes. El primer componente, se relaciona con la necesidad de preparar un correcto nivel de inventario para cubrir los envíos programados; el segundo componente tiene relación con factores externos incontrollables como la falta de proveedores nacionales de resina, tamaños de lotes fijos, excedentes a los tiempos de entrega establecidos y cambios de acuerdos. El tercer componente, solo se contempla un factor externo que puede ser controlable ya que puede adaptarse la planeación de suministro aunque el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso.

Dentro de los factores internos relacionados con producción y logística, el ACP dedujo solo una causa de producción (mala programación por no considerar desperdicios), por lo que las causas logísticas tienen mas carga en sus autovalores. Estos componentes principales detectados en este estudio fueron llamados al primero “Críticos” ya que toma solo una causa principal del área de producción y otra del área de logística; el segundo componente, llamado “manejo de inventario” agrupa a una serie de actividades que deben controlarse para mejorar el desempeño de las entregas a tiempo (identificación y nivel de inventario adecuado, además de planear el suministro y salida de materiales para empaque y embalaje según los pronósticos).

Es así que fue posible probar las hipótesis, soportando estadísticamente que se rechazan todas las hipótesis nulas y se aceptan las alternativas, por lo que sí existen causas comunes internas y externas en la industria de transformación del plástico que ocasionan dificultades para entregar a tiempo los pedidos de los clientes.

Análisis de Conglomerados (Cluster)

Recordemos que en el capítulo 2 se mencionó el propósito del análisis conglomerado, el cual es la formación de grupos o conglomerados de individuos o de objetos, los más parecidos o lo más diferentes posibles. Es así que en este estudio se recurrió esta técnica porque se desea encontrar que causas son las más semejantes entre los grupos para facilitar el análisis. Es así que se desea fusionar las causas que ocasionan retraso en la entrega de pedidos en las industrias de transformación del plástico de la localidad basándonos en lo parecido según su importancia, por lo cual se escogió el método jerárquico aglomerativo ascendente. A continuación describimos los pasos generales del agrupamiento, descritos por De la Garza et al. (2013), y después mostraremos los resultados de los conglomerados de las variables atribuibles a las causas de producción (P) y causas de logística (L), ya que estas variables son las más críticas para el estudio por ser causas internas que las industrias, las cuales sí se pueden controlar para mejorar su desempeño en la entrega de pedidos a los clientes.

Pasos para llevar a cabo el agrupamiento jerárquico aglomerativo:

1 – Detectar el tipo de variable para el análisis

Dado que las variables son métricas se estandarizaron con el fin de quitar los efectos de las unidades y hacer que las variables fueran comparables. En la Ilustración 6-32, en la opción de Método, se muestra que se transformaron valores con puntuaciones Z por variable con valores absolutos y cambiando la escala de rango 0-1.

2 – Para “medir” lo parecido que son los objetos se requirió tener como información una matriz, en este caso se optó por matriz de distancia euclidiana, porque se escogió medir la disimilaridad para cada análisis. Ya que como se mencionó en el capítulo 2: “cuanto más pequeño es el valor de una medida de disimilaridad, más parecido son los objetos”. En la Ilustración 6-32, se muestra como el paquete estadístico SPSS ofrece estas opciones. *Medida-intervalo* para las escalas métricas, *Medida-recuento* para la frecuencia y *Medida-Binaria* para las variables dicotómicas. Por lo tanto, dada nuestra escala métrica-razón seleccionamos la opción de *intervalo con distancia euclidiana* para medir la proximidad. Los resultados de las matrices correspondientes a las causas analizadas, se muestran en las tablas Tabla 6-51 y Tabla 6-52.

3 – Una vez seleccionada la matriz de distancia, hay que indicarle al paquete estadístico el método de conglomeración que deseamos, ya que con esta información comenzara el tipo de agrupamiento. Para este estudio se eligió como *Método de conglomeración al vecino más próximo*, ya que fusiona variables que sean más parecidas en su valor, las cuales son de distancias mínimas, pero máximo parecido.

- 4 – El paquete estadístico muestra el historial de conglomeración, en donde se puede observar las etapas en que se hicieron las agrupaciones, posteriormente su dendograma correspondientes. A continuación, explicaremos el procedimiento seguido y los clusters de las causas internas de este estudio.

Ruta del paquete estadístico SPSS 18

Analizar / clasificar / Conglomerados jerárquicos

Posteriormente en la opción de método se escogió el método de conglomeración “vecina más próximo”, como medida de disimilaridad métrica (parecido), ya que “cuanto más pequeño es el valor de una medida de disimilaridad, más parecidos son dos objetos” (De la Garza et al. 2013).

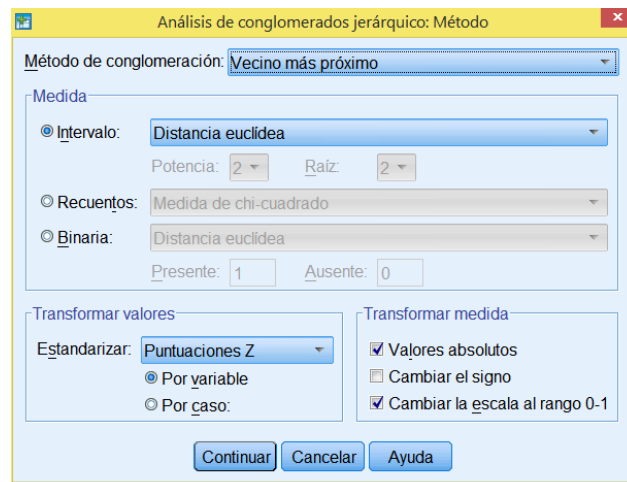


Ilustración 6-32 Demostración del uso de SPSS para el análisis de conglomerados jerárquicos

Análisis de conglomerados Jerárquicos de causas de producción no-OTD

La matriz de la Tabla 6-51, resume lo parecido que son las variables con base en la distancia entre ellas. En virtud de la característica de esta matriz sólo es necesario utilizar la información del triángulo inferior o superior de ella. Además, como se puede observar, la diagonal de la matriz está representada por ceros, ya que la distancia que hay al comparar una variable con la otra es nula.

Al observar la matriz se puede responder a lo planteado del problema, es decir, cuáles son las variables más y menos parecidas en su respuesta de importancia como causante de no-OTD. Así que las parejas más parecidas son según su distancia más pequeña entre las variables estandarizadas fue la unión entre P4 (*el exceso de producción de productos no requeridos*) y P6 (*el exceso de tiempo programado para la inspección de productos*), estas fueron las más parecidas, pero no quiere decir que las primeras o últimas causas, ya que en el análisis estadístico inicial de la Tabla 6-51, fueron las de mayor sumatoria de causas ponderada, es decir, tuvieron mayor peso porque están más alejadas de ser la primera causa. Entonces quiere decir que entre el sector de transformación de plástico de la localidad, son los menos problemáticos y con más concordancia.

Tabla 6-51 Matriz de distancias

Caso	Archivo matricial de entrada					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	.000	.387	.760	.043	.411	.549
P2	.387	.000	.244	.467	.897	.516
P3	.760	.244 ₃	.000	1.000	.336	.788
P4	.043 ₂	.467	1.000	.000	.784	.000
P5	.411	.897	.336 ₄	.784	.000	.373
P6	.549	.516	.788	.000 ₁	.373 ₅	.000

La información de las siguientes agrupaciones que se realizaron se puede resumir en la siguiente Tabla 6-52.

Tabla 6-52 Historial de conglomeración

		Conglomerado que se combina			Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		
		Conglomerado	Conglomerado	Coeficientes	Conglomerado	Conglomerado	Próxima etapa
Etapa		1	2		1	2	
dimensión	1	P4	P6	.000	0	0	2
	2	P1	(P4, P6)	.043	0	1	5
	3	P2	P3	.244	0	0	4
	4	(P2, P3)	P5	.336	3	0	5
	5	[P1, (P4, P6)]	[(P2, P3),P5]	.373	2	4	0

La Tabla 6-52, indica que en la primer etapa se agrupo las variables P4 y P6, como se mencionó anteriormente, aun distancia de .000; en las siguientes dos columnas se muestra en qué etapa aparecieron con anterioridad, el valor cero indica que no habían aparecido antes; la última columna señala en qué próxima etapa volverán a aparecer, en la segunda etapa.

En la segunda etapa se unieron las variables P1 (no seguimiento al programa de producción o MRP) con la pareja anterior (P4, P6) a una distancia de .043, cabe destacar

que la variable P1, es una de las más críticas ya que las industrias tuvieron mucha similitud en su respuesta y fue como la segunda causa más frecuente que ocasionaba no-OTD.

En la tercera etapa se unieron P2 (Mala programación por no considerar desperdicios) y P3 (la capacidad instalada insuficiente), a una distancia de .244, las cuales se unirían nuevamente en la etapa 4 con P5, a una distancia de .336. Cabe destacar que P2, fue la causa interna más crítica según la sumatoria de pesos por ser la más baja, sin embargo este análisis demuestra que tuvo semejanza regular en las respuestas. Esto posiblemente a que las medias de esta variable, según el tipo de producto procesan (auto/electrónico, hogar/envase, otro) tienen las siguientes posiciones de causas no-OTD: 1er, 2do y 1er lugar. En la quinta etapa se unieron el conglomerado 1 [1, (4,6)] y el conglomerado 2 [(2,3), 5].

En el diagrama de árbol o dendrograma que aparece a continuación (Ilustración 6-33), sugiere la existencia de tres grupos de causas, si tomamos una distancia menor que 20. También se puede observar 3 conglomerados menores que 5.

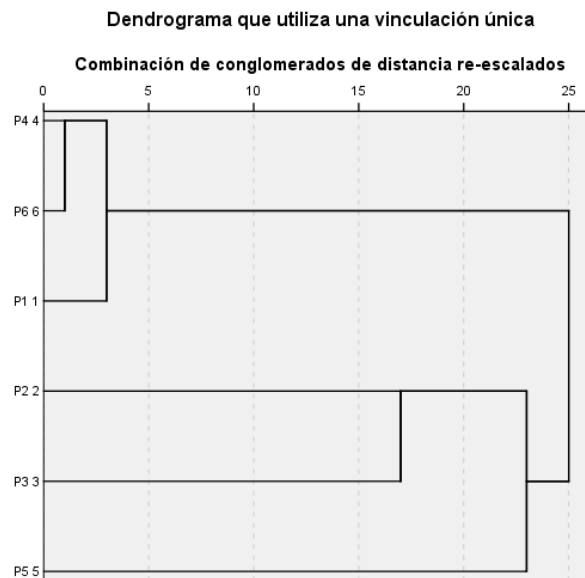


Ilustración 6-33 Dendrograma

Análisis de conglomerados Jerárquicos de causas de logística no-OTD

En la matriz de la Tabla 6-53, se observa que las parejas más parecidas según las distancias euclidianas de las variables estandarizadas de la priorización de causas que ocasionan retrasos en las entregas a tiempo, son la inexactitud del inventario e inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido (L2,L4), con una distancia de .000. Cabe destacar que según la Tabla 6-53, de estadísticos por grupo de causas logística, la inexactitud de inventario fue la causa número uno en todos los grupos según su tipo de producto. La causa inexistencia en almacén de materiales para el empaque ocupa el segundo lugar de causa de 2/3 industrias según la media de los grupos que pertenecen, la excepción como segundo lugar fue la industria proveedora automotriz, ya que para este sector no es tan problemático la inexistencia de materiales para el embalaje, si no más problemático las demoras por un inadecuado sistema de identificación del inventario.

Posteriormente, la siguiente pareja más parecida por su segundo menor valor de .120, es L1 con L3 (inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas y demoras por un inadecuado sistema de identificación de inventario), ya que 2/3 tipos de industrias han respondido según las medias de estas dos causas ocupan el tercer lugar, por lo tanto concuerda con el dendograma.

El tercer agrupamiento puede comprenderse mejor observando la Tabla 6-54, ya se muestra que la pareja (L1, L3) se agrupa con L5, porque tienen un coeficiente de .307, formando ahora la pareja [(L1, L3), 5] misma que se unirá con L6 por tener el siguiente valor menor de .410, finalmente, la última unión tiene un valor de .415 para unir la última conglomeración será el siguiente menor valor que queda de .415, correspondiente al conglomerando son (L2,L4), el cual es unirá con el conglomerado que contenga a L3 (por ser la intercepción de la matriz de distancias), ósea el conglomerado [(L1,L3),5],6].

Tabla 6-53 Matriz de distancias

Caso	Archivo matricial de entrada					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
L1	.000	.948	.120	.597	.307	.828
L2	.948	.000	.415	.000	.688	.548
L3	.120₂	.415₅	.000	1.000	.880	.410
L4	.597	.000₁	1.000	.000	.610	.707
L5	.307₃	.688	.880	.610	.000	.441
L6	.828	.548	.410₄	.707	.441	.000

La información de las siguientes agrupaciones que se realizaron se puede resumir en la siguiente Tabla 6-54.

Tabla 6-54 Historial de conglomeración

		Conglomerado que se combina		Coefi- cient	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez		Próxima etapa
		Conglomerado 1	Conglomerado 2		Conglomerado 1	Conglomerado 2	
dimensión	1	L2	L4	.000	0	0	5
	2	L1	L3	.120	0	0	3
	3	L1,L3	L5	.307	2	0	4
	4	[(L1,L3), L5]	L6	.410	3	0	5
	5	[(L1,L3), L5], L6]	L2,L4	.415	4	1	0

En la Ilustración 6-34, podemos ver que L5 y L6 están más retiradas de las semejanzas, pero se deben entender que estas dos últimas fueron las de mayor peso ponderado, con más variación en la respuesta de los tres grupos porque L5, correspondiente a falta de contenedores proporcionados por los clientes es casi exclusivo de la industria automotriz debido a que este sector es muy exigente en el embalaje de producto para que no se lastime el material en el envío.

En el diagrama de árbol o dendrograma que aparece a continuación, sugiere la existencia de tres grupos de causas, si tomamos una distancia menor que 20. O dos grupos menores que 10.

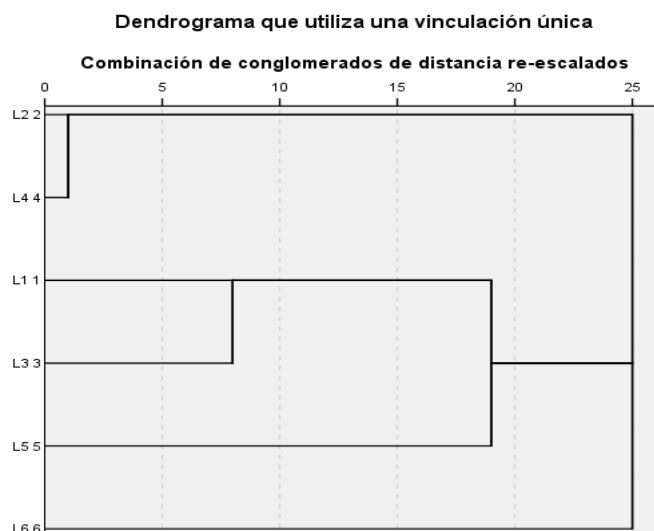


Ilustración 6-34 Dendrograma

Tabla resumen del análisis de clusters de las causas de producción y logística

Nivel de cercanía entre las respuestas		Causa	Moda	Media	Mediana	Asimetría
segundo mas parecido	Primero mas parecido	P4 Exceso de producción	4	3.75	4	-.208
		P6 Exceso de tiempo de inspección	5	4.37	5	-.848
		P1 No seguimiento al programa de producción o MRP	3	3.00	3	.474

Este método toma la métrica de disimilaridad (parecido) para medir que tan parecido son las variables en base a su distancia entre las respuestas, es así que se las causas de producción P4 (exceso de producción) y P6 (exceso de tiempo para inspección) fueron las más parecidas en sus respuestas, pero estas tienen una moda de cuarta y quinta posición como causantes de entregas tardías. La siguiente similitud a esta pareja recién formada, correspondió a P1 (no seguimiento al programa de producción o MRP), el cual sí ocupa el 3 lugar como causante según la moda, media y mediana (única con distribución normal).

Además sobre las causas del área de logística más parecidas, se observa en la siguiente tabla que las parejas más parecidas según las distancias euclidianas de las variables estandarizadas de la priorización de causas que ocasionan retrasos en las entregas a tiempo son la inexactitud del inventario y la inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido (L2 y L4) con una distancia de .000. Esta similitud de respuestas, también esta mas cerca de las primeras causas de entregas tardías, ya que la moda de estas causas tienen en valor de 1 y 2 respectivamente, solo que la inexactitud de inventario (L2) tiene valor de media y mediana mas bajo, así como un valor de asimetría mas alto que representa que la curva de la distribución esta mas sesgada hacia la izquierda, lugar de las primeras causas.

Nivel de cercanía entre las respuestas		Causa	Moda	Media	Mediana	Asimetría
Primero más parecido		L2 Inexactitud del inventario	1	2.03	2	.701
		L4 Inexistencia de materiales empaque	2	3.50	3	.085

Relaciones de Dependencia

A menudo se establecen relaciones mediante la determinación de los valores de las variables en un cierto número de puntos igual al número total de variables (Kennedy & Neville 1982). Estos autores también mencionan que existen estudios que tienen el principal interés de encontrar la relación existente entre dos variables, más que la estimación de una variable a partir de la otra. Es por eso a continuación se muestran los gráficos de dispersión de los tipos de productos que maneja cada encuestado, utilizando el método de mínimos cuadrados para encontrar la línea ajustada entre los puntos y las correlaciones de algunas variables (solo las más crítica). Estos métodos nos permitirán encontrar si existe alguna relación entre estas variables críticas.

Relación entre “inexactitud de inventario” y las otras causas de logística

Una vez determinado que la variable L2 (inexactitud de inventario) como principal causante, se procedió a buscar si existe relación de dependencia con las otras variables seleccionadas por el análisis de componentes principales.

Relación entre “inexactitud de inventario-L2” y “la inexistencia de materiales para empaque y embalaje-L4”

En la Ilustración 6-35, se puede comparar según el tipo de producto que provee el encuestado y la relación que existe entre la “inexactitud del inventario-L2” y “la inexistencia de materiales para empaque y embalaje-L4”. Es así que, se observa que existe una tendencia positiva de relación de L2 y L4 en los encuestados de alta especialización (grupo1) y productos de media especialización (grupo 2), es decir en estos dos grupos, al disminuir la posición de la causante L2, también disminuye la posición como causante de L4 en los dos grupos. Sin embargo, en el grupo 3 (productores con poca precisión en las especificaciones de los productos), no muestran una tendencia positiva entre estas dos causas, tal y como se presente en los dos primeros grupos.

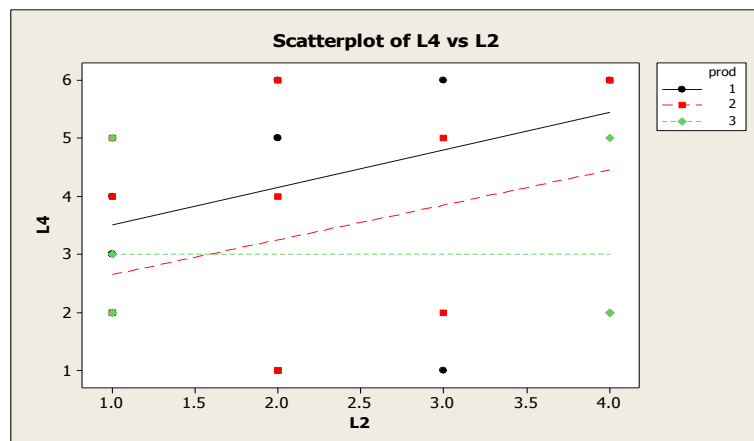


Ilustración 6-35 Diagrama de dispersión L2 vs. L4

Para responder a la interrogante de que si la inexactitud del inventario afecta a la inexistencia de material para empaque y embalaje, se utilizó el diagrama de dispersión mostrado en la Ilustración 6-36 en donde se puede observar que existe un coeficiente de correlación entre estas dos causas de $R^2=0.05$. También se observa en esta figura que existe una correlación positiva, ya que aumentar la posición de causante de L2, también aumenta la posición de causante de L4. Pero al recordar que las posiciones de causante 1 y 2, son las que mas afectan a las entregas a tiempo, podemos determinar que sí existen problemas de inexactitud de inventario, existirán en igual proporción problemas de inexistencia de materiales para el empaque y embalaje.

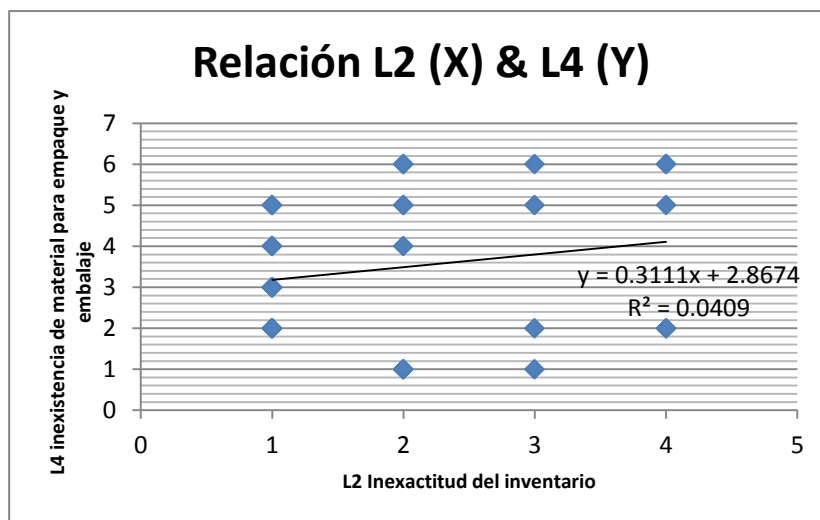


Ilustración 6-36 Diagrama de dispersión L2 vs. L4

Relación entre “inexactitud” e “inadecuado sistema de identifican del inventario”

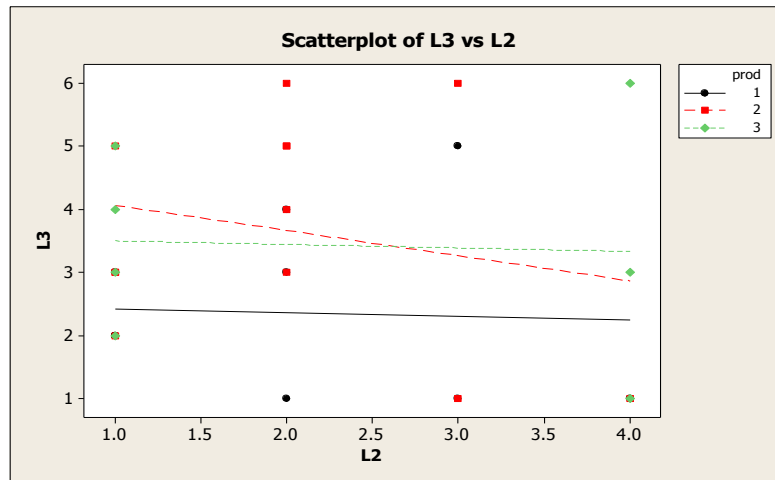


Ilustración 6-37 Diagrama de dispersión L2 vs. L3

En esta Ilustración 6-37, se puede comparar según el tipo de producto que provee el encuestado y la relación que existe entre la “inexactitud del inventario” y “inadecuado sistema de identifican del inventario”. Además en la siguiente Ilustración 6-38, se puede observar que existe un coeficiente de correlación entre estas dos causas de $R^2 = .006$, mucho menor a la relación de L2 y L4, lo que significa además que existe demasiada dispersión entre estas variables y no queda claramente si la tendencia entre estas dos variables es positiva o negativa.

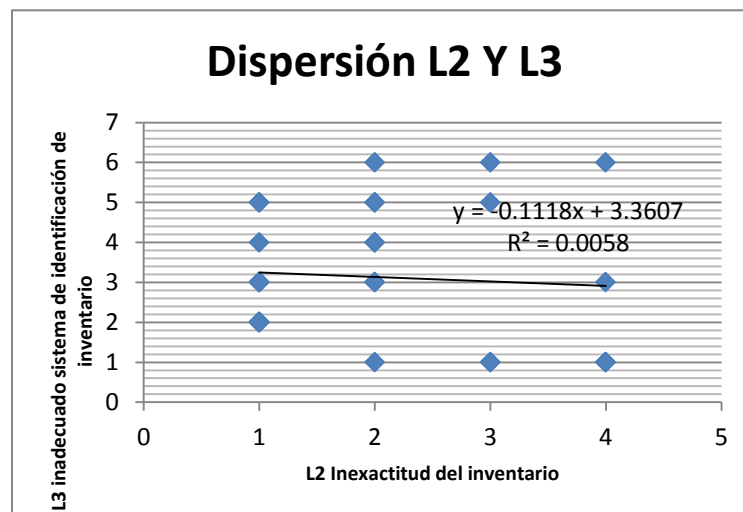


Ilustración 6-38 Diagrama de dispersión L2 vs. L3

Relación entre “inexactitud” e “inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas”

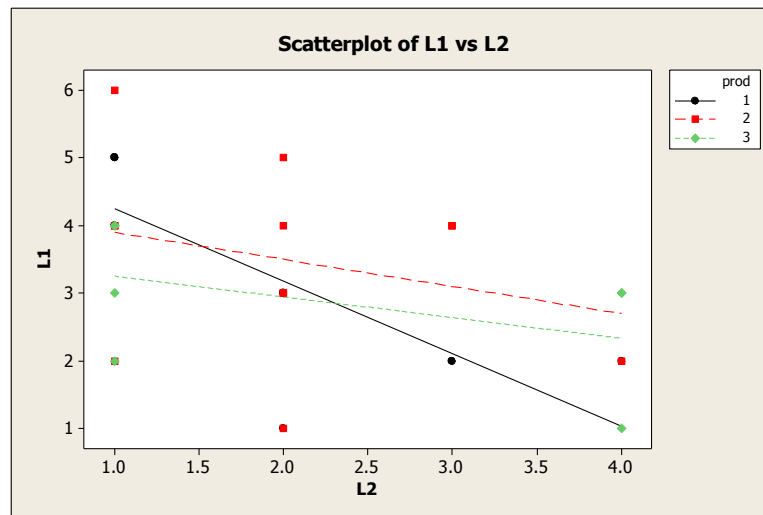


Ilustración 6-39 Diagrama de dispersión L2 vs. L1

En esta Ilustración 6-39, se puede comparar según el tipo de producto que provee el encuestado y la relación que existe entre la “inexactitud del inventario” y “inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas”. Ilustración 6-40 observar que existe un coeficiente de correlación entre estas dos causas de $R^2=0.25$, mucho mayor que las otras relaciones de L2 con L4 y L3. Pero en esta gráfica se observa que existe una correlación negativa, ya que al disminuir la posición como causante de L2, aumenta la posición de L1 como causante de no entregas a tiempo.

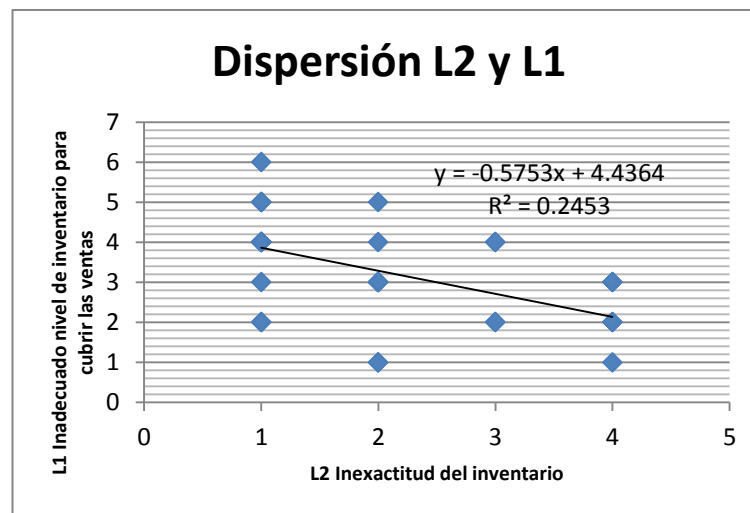


Ilustración 6-40 Diagrama de dispersión L2 vs. L1

Relación entre “inexactitud de inventario” y “la mala programación por no considerar desperdicios”

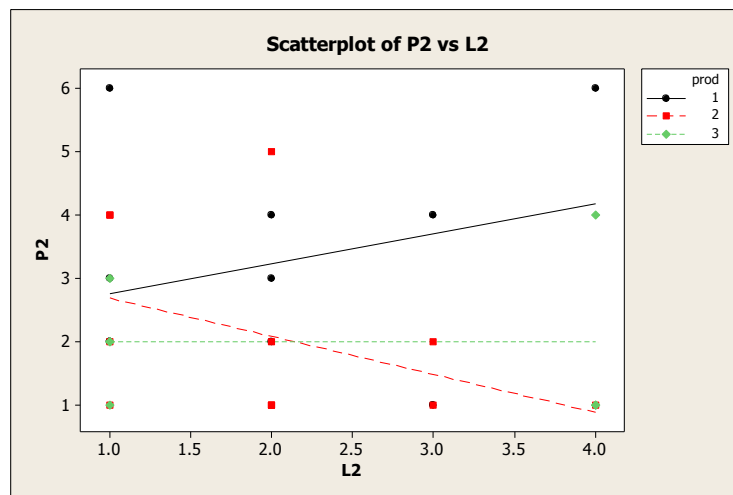


Ilustración 6-41 Diagrama de dispersión L2 vs. P2

En esta Ilustración 6-41, se puede comparar según el tipo de producto que provee el encuestado y la relación que existe entre la “inexactitud del inventario” y “Mala programación por no considerar desperdicios”. Además en la siguiente Ilustración 6-42, se puede observar que existe un coeficiente de correlación entre estas dos causas de $R^2=0.002$, mucho menor que todas las relaciones de L2 con las otras variables determinadas por los componentes principales. En la Ilustración 6-42, se observa que hay demasiada dispersión entre los datos, ya que según la figura anterior, el grupo 1 muestra una tendencia positiva, el grupo 2, una tendencia negativa y el grupo 3 sin tendencia.

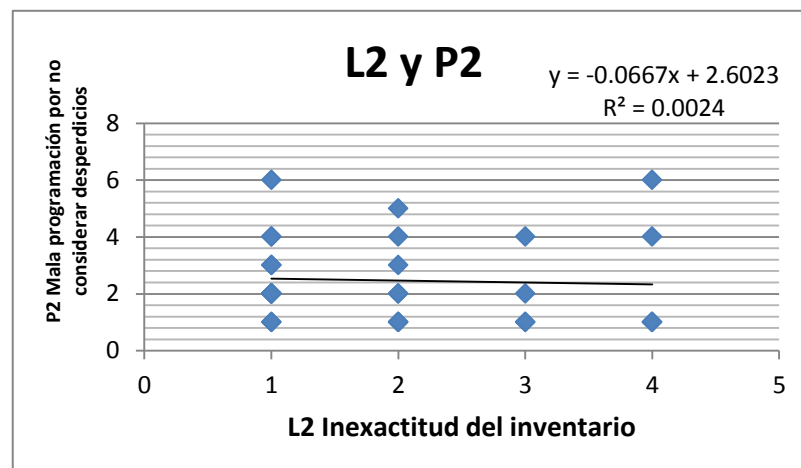


Ilustración 6-42 Diagrama de dispersión L2 vs. P2

Tabla resumen de relaciones de dependencia entre las causas principales

La siguiente tabla permite comparar la relación de dependencia de las causas principales de entregas tardías con la causa más cargada según el ACP. Esta comparación permite detectar la causa de inexactitud del inventario influye más en inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas y en la inexistencia de material para el empaque y embalaje.

Causa independiente	Causa dependiente	Correlación entre causas R^2	Deducción
L2 Inexactitud del inventario	L4 inexistencia de material para empaque y embalaje	.050	Si existe correlación entre la inexactitud del inventario y la inexistencia de material para empaque/ embalaje
	L3 inadecuado sistema de identificación de inventario	.006	no hay correlación
	L1 inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas	.250	Más alta correlación. Es decir, la inexactitud del inventario afecta al nivel de inventario para cubrir las ventas
	P2 mala programación por no considerar desperdicios	.002	no hay correlación

Efectos Principales

En los gráficos que se muestran a continuación (Ilustración 6-43) pueden ayudar a determinar cómo varían las medias de las respuestas para cada una de las causas que ocasionan entregas tardías, ocasionadas por las áreas de producción y logística.

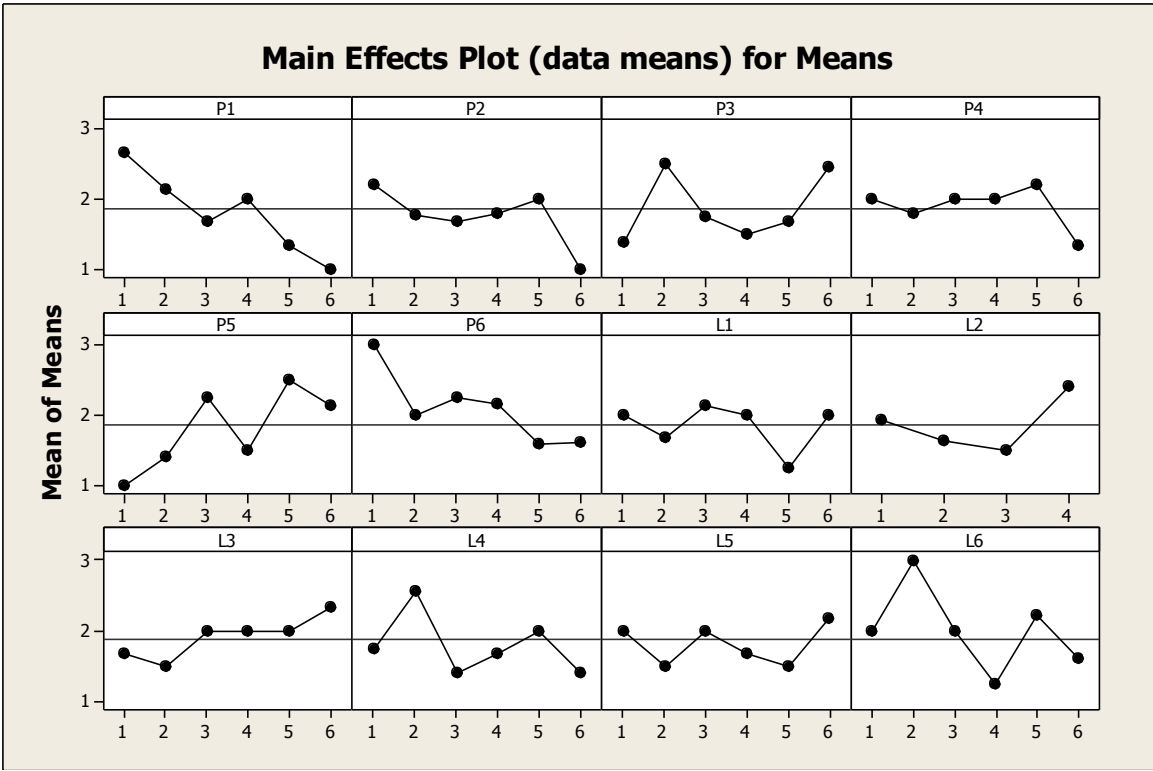


Ilustración 6-43 Diagramas de efectos principales de causas de producción y logística

La Ilustración 6-44, muestra la forma en que se obtienen los efectos principales del paquete estadístico Minitab 14.

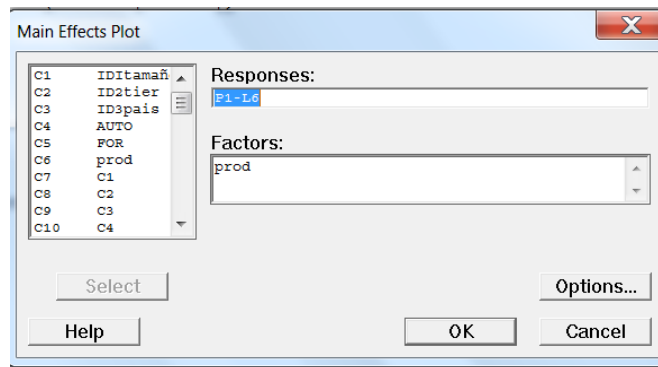


Ilustración 6-44 Menú Minitab 14 para obtención de efectos principales

Efectos principales por grupos en causas relacionadas con logística

Montgomery (2013), menciona que hay una interacción cuando uno de los factores no produce el mismo efecto en la respuesta con niveles diferentes de otro factor. También menciona este autor que un diseño experimental permitiría al experimentador investigar los efectos individuales (o los efectos principales) de cada factor y determinar si existe alguna interacción entre los factores. Por otro lado, al encontrar la diferencia promedio de las puntuaciones, se tiene una medida del efecto de cambiar de un factor (en este caso tipo de producto que manejan las industrias encuestadas). Es decir, el promedio, al cambiar de tipo de producto.

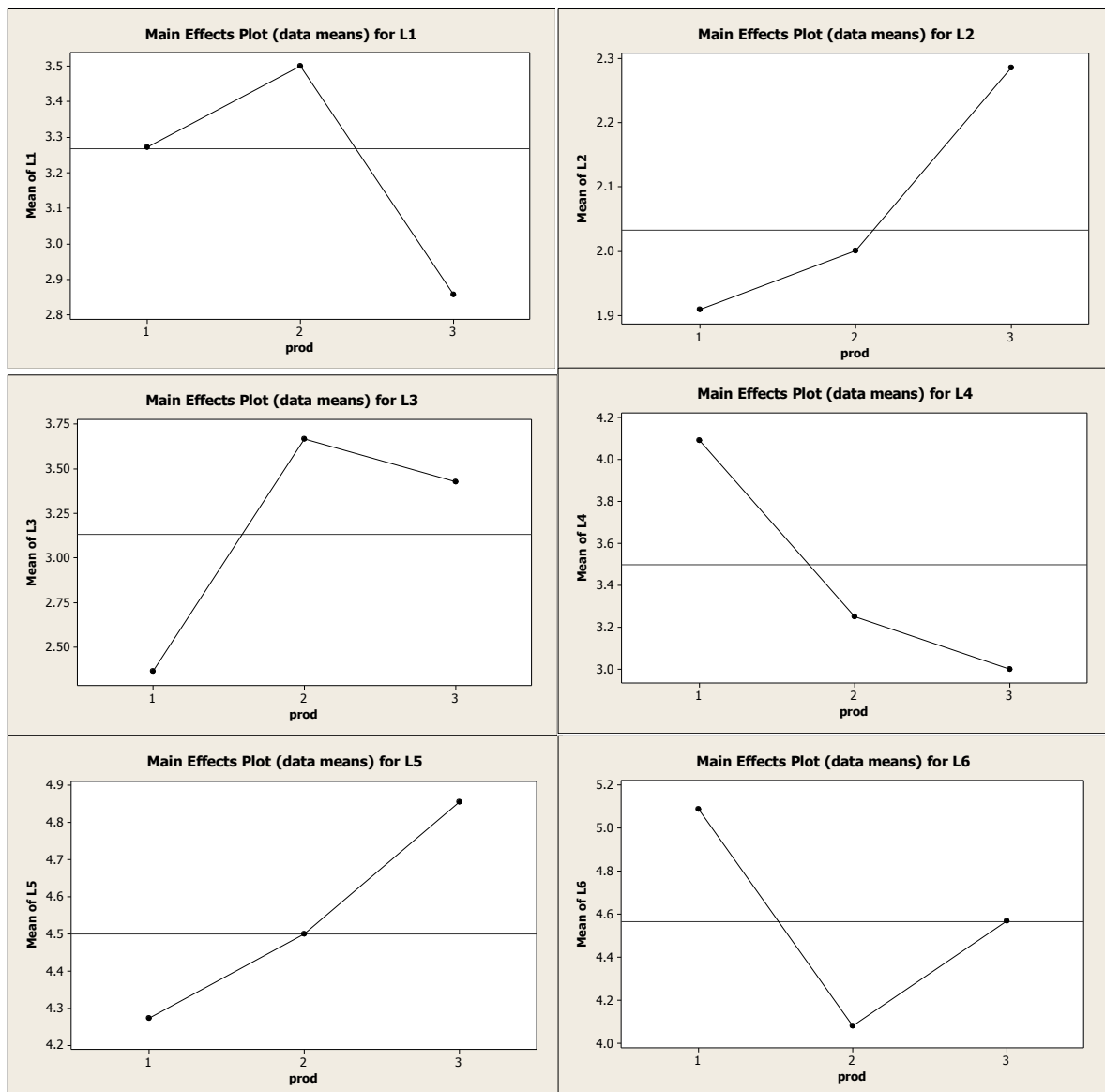


Ilustración 6-45 Efectos principales de cada causa originada por el área de logística, según el tipo de producto que manejan los encuestados.

Al buscar cuál de las diferentes causas de logísticas están más cercanas al valor 1 (primer causante de no entregas a tiempo), observamos en la Ilustración 6-45, se detecta que la variable L2, “inexactitud del inventario” tiene el efecto más bajo (primera causa “Non-On Time Delivery”, N-OTD) en el grupo 1(auto), nivel bajo también para grupo 2 (hogar) y un efecto muy alto (ultimas causas Non-OTD) en el grupo 3 (otros). Esto quiere decir que para el grupo 3, no es su principal problema la inexactitud de inventario sino L1, ya que en si se

muestra su efecto muy bajo (primera causa Non-OTD), mientras que para los otros grupos no es tan afectada, igual pasa en L4, es muy baja para grupo 3 y nada afectada para grupo 1 (inexistencia en almacén de materiales para el embalaje)

Efectos principales por grupos de causas relacionadas con producción

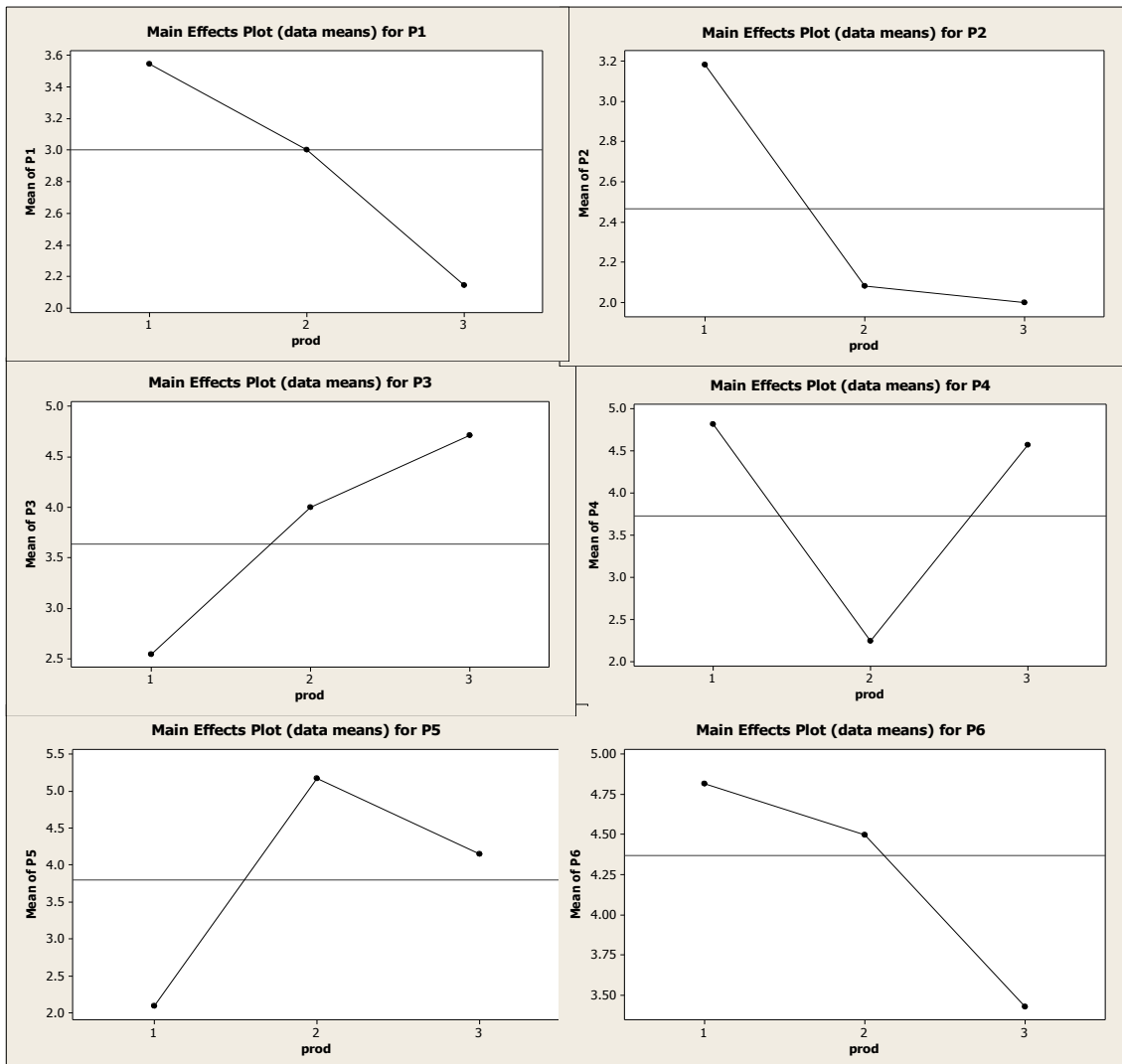


Ilustración 6-46 Efectos principales de cada causa originada por el área de producción, según el tipo de producto que manejan los encuestados.

De igual manera en esta Ilustración 6-46 se observa que la causa logística que están más cercanas al valor 1 o 2 (primer causante de no entregas a tiempo) es la variable P2 “la mala programación por no considerar desperdicios” según los encuestados que manejan el tipo 2 y 3 de productos (productos para “el hogar” y otro”, respectivamente). Para el grupo 1 (auto/electrónico), los valores más cercanos a 1 o 2 (principales causas de non-OTD) corresponden a las causas P3 y P5 (capacidad instalada insuficiente y el tiempo de preparación de la máquina por cambio de orden, respectivamente).

Tabla resumen de relaciones de Efectos Principales

Área	Grupo de encuestados	Causa principal según su media de grupo	Segunda causa principal según su media de grupo
Producción	1 productos de alta especialización	P5 Tiempo de preparación de la máquina por cambio de orden	P3 Capacidad instalada insuficiente
	2 Productos de media especialización	P2 Mala programación por no considerar scrap	P4 Exceso de producción no requerida
	3 Productos de baja especialización	P2 Mala programación por no considerar scrap	P1 No seguimiento al programa de producción o MRP
Logística	1 productos de alta especialización	L2 Inexactitud del inventario	L3 Demoras por inadecuado sistema de identificación inventario
	2 Productos de media especialización	L2 Inexactitud del inventario	L4 Inexistencia en almacén de materiales para el empaque
	3 Productos de baja especialización	L2 Inexactitud del inventario	L1 Inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas

Esta tabla comparativa permite demostrar que la causa P2, solo es crítica en las empresas que producen artículos de media y baja especialización, también se observa que las empresas que elaboran productos de alta especialización necesidades principales muy diferentes a los de media y baja especialización. Lo que sí se puede manejar como habitual es la inexactitud de inventario ya que es una causa general en todo el sector que ocasiona demoras en las entregas de pedidos de los clientes, sin importar el tipo de especialización de productos que se procesen por parte del encuestado. Además en el área logística, la segunda causa si varía dependiendo del tipo de producto que se maneje, esto no quiere decir que la segunda causa este en función del tipo de producto que se maneja, sino se según las medias de las respuestas del grupo que pertenecen estas fueron las más cercanas a los primeros lugares de causantes de entregas tardías.

Análisis de Correspondencias

Análisis de correspondencias simple

Uno de los fines del análisis de correspondencias es describir las relaciones existentes entre dos variables nominales, recogidas en una tabla de correspondencias, sobre el espacio de pocas dimensiones, mientras que al mismo tiempo se describen las relaciones entre las categorías de cada variable. Para cada variable, las distancias sobre un gráfico entre los puntos de categorías reflejan las relaciones entre las categorías, con las categorías similares representadas próximas unas a otras. La proyección de los puntos de una variable sobre el vector desde el origen hasta un punto de categoría de la otra variable describe la relación entre ambas variables. El análisis de las tablas de contingencias a menudo incluye examinar los perfiles (porcentajes) de fila y de columna, así como contrastar la independencia a través del estadístico de chi-cuadrado (Pérez 2004).

El conocido tratamiento conjunto de dos caracteres o variables cualitativas a través de la prueba de asociación o independencia de la “Ji-Cuadrada” brinda exclusivamente información sobre la relación significativa o no entre ambas, sin aclarar que categorías o modalidades entre categorías que estaban implicadas (Bernabe 2003). Sin embargo, el número de perfiles puede ser bastante grande y la prueba de chi-cuadrado no revelará la estructura de la dependencia (Pérez 2004).

El procedimiento de Tablas de contingencia ofrece varias medidas y pruebas de asociación pero no pueden representarse gráficamente ninguna relación entre las variables (Pérez 2004). Sin embargo, el análisis de correspondencias extrae relaciones entre categorías y define similitudes o disimilitudes entre ellas, lo que permitirá su agrupamiento si se detecta que se corresponden (Bernabe 2003).

Representaciones gráficas permiten visualizar globalmente las relaciones obtenidas y, en el caso que nos ocupa, obtener una representación simultánea de las causas internas de producción y logística.

Reducción de la dimensionalidad y valores propios

Obedeciendo la sistemática general del análisis factorial, las dimensiones que definen el **espacio** (vector unitario del eje Z que mejor se ajusta la nube de puntos en un plano con ejes X y Y) en que se representan las categorías, se obtienen como factores cuantitativos, por lo que el análisis de correspondencias acaba siendo un método de extracción de variables ficticias cuantitativas a partir de variables cualitativas originales, al definir aquellas, las relaciones entre las categorías de éstas (Bernabe 2003).

Además, este último autor, nos menciona que el análisis de correspondencias puede considerarse como un análisis de componentes principales, aplicado a variables cualitativas que, al no poder utilizar correlaciones, se basa en la distancia no euclidiana de la “Ji-Cuadrada”.

Para realizar un análisis de correspondencia simple se siguió el siguiente menú del paquete estadístico SPSS:

Analizar/Reducción de datos/Análisis de correspondencias

En este estudio, dado que los análisis previos demostraron que la causas internas L2 (inexactitud del inventario) y P2 (mala programación por no considerar desperdicios) han sido las más significativas, se procedió a realizar el análisis de correspondencias simples de estas variables con las variables nominales “tipo de producto”, para saber si existe una relación entre ellas.

Análisis de correspondencias simples para causa interna P2 “mala programación por no considerar desperdicios”

En la

Tabla 6-55, se muestra la tabla de contingencia para las dos variables (causa de no entrega a tiempo “P2” y tipo de producto) con sus marginales.

Tabla 6-55 Tabla de correspondencias

Producto (fila)	P2 (columna)						Active Margin
	1	2	3	4	5	6	
auto/electrónico	5	4	0	2	0	2	13
hogar/envase	1	1	1	3	1	0	7
otro	4	4	2	0	0	0	10
Active Margin	10	9	3	5	1	2	30

En la Tabla 6-55, se muestra los **perfiles de fila y columna**, que son las proporciones en cada fila y columna de cada celda basadas en los totales marginales.

Los valores propios (singular value) pueden interpretarse como la correlación entre las puntuaciones de filas y columnas. Para cada dimensión el cuadro del valor propio es igual a la inercia y por tanto es otra medida de importancia de la dimensión, estos valores propios, pueden observarse en la Tabla 6-56, con un valor de .56 b6 para la dimensión 1 y .416 para la dimensión 2.

En la siguiente tabla también se muestra la inercia, la cual define Bernabe (2003), como el estadígrafo Ji-Cuadrada total de Pearson para la tabla de dos entradas dividido por la suma total. Este término según este autor, se usa buscando una analogía con la definición del “momento de inercia” que se emplea en matemáticas aplicada, refiriéndose a la integral del cuadrado de la distancia de la masa al centroide. Por otro lado, Pérez (2004), menciona que la inercia para medir la información de la nube de puntos (representación de puntos en un plano) con relación al centro de gravedad G (medida de dispersión de los puntos en torno a su centro). Por lo tanto, en nuestro caso, las dos dimensiones propuestas tienen una inercia del .493.

Tabla 6-56 Resumen

Ji Dimensio n	Singular Value	Chi Square	Sig.	Proportion of Inertia		Confidence Singular Value	
				Accounted for	Cumulative	Standard Deviation	Correlation 2
1	.566	.320		.649	.649	.155	-.230
2	.416	.173		.351	1.000	.099	
Total		.493	14.800	.140 ^a	1.000		

a. 10 degrees of freedom

La Tabla 6-57, muestra un cuadro resumen con la solución que representa la relación entre las variables fila y columna en tan pocas dimensiones cómo es posible. En nuestro caso tenemos dos dimensiones, mostrando la primera una cantidad mayor de inercia (el 75.9% de la inercia total).

También, en la Tabla 6-57, se observa la masa, la cual según Bernabe (2003) se toma como una tabla de contingencia en la que se calculan las frecuencias relativas, de manera que la suma de todas las entradas de la tabla es 1, esto es cada celda se divide por total en nuestro caso 30 muestras. Se pudiera decir que esta tabla de frecuencias relativas nos muestra ahora como una unidad de masa se distribuye a través de las celdas.

Tabla 6-57 Examen de los puntos fila^a

producto	Mass	Score in Dimension		Inertia	Contribution				
		1	2		Of Point to Inertia of Dimension		Of Dimension to Inertia of Point		
					1	2	1	2	Total
auto/electrónico	.433	-.340	-.678	.111	.088	.478	.255	.745	1.000
hogar/envase	.233	1.357	.113	.244	.759	.007	.995	.005	1.000
otro	.333	-.508	.801	.138	.152	.515	.353	.647	1.000
Active Total	1.000			.493	1.000	1.000			

a. Symmetrical normalization

Tabla 6-58 Examen de los puntos columna^a

Score in Dimension				Contribution					
				Of Point to Inertia of Dimension			Of Dimension to Inertia of Point		
P2	Mass	1	2	Inertia	1	2	1	2	Total
1	.333	-.420	-.017	.033	.104	.000	.999	.001	1.000
2	.300	-.400	.163	.030	.085	.019	.891	.109	1.000
3	.100	.201	1.375	.081	.007	.454	.028	.972	1.000
4	.167	1.199	-.488	.152	.423	.095	.891	.109	1.000
5	.033	2.398	.273	.110	.339	.006	.991	.009	1.000
6	.067	-.601	-1.629	.087	.043	.425	.156	.844	1.000
Active Total		1.000		.493	1.000	1.000			

a. Symmetrical normalization

En estas tres últimas tablas se ofrecen las contribuciones a la inercia total de cada punto fila y columna. Los puntos fila y columna que contribuyen sustancialmente a la inercia de una dimensión son importantes para esa dimensión. Los puntos dominantes de la solución pueden detectarse fácilmente. Por ejemplo, los tipos de productos para el “hogar/envase” es un punto dominante de la primera dimensión ya que su contribución a la inercia de esa dimensión es de 1.357 y “otro” en la segunda dimensión pues su contribución es de 0.801. Por otra parte, el quito lugar de causa de no entregas a tiempo derivadas de “la mala programación por no considerar desperdicios” (2.398) y 4 causa (1.199) contribuyen más que otros a la primera dimensión. A la segunda dimensión los que más contribuyen es la tercera causa (1.375).

En el gráfico de categoría de fila transformadas (tipo de producto) de la Ilustración 6-47 produce un gráfico de los valores originales para las categorías de fila frente a las puntuaciones de fila en la dimensión 1. Y en la dimensión dos corresponde a Ilustración 6-48.

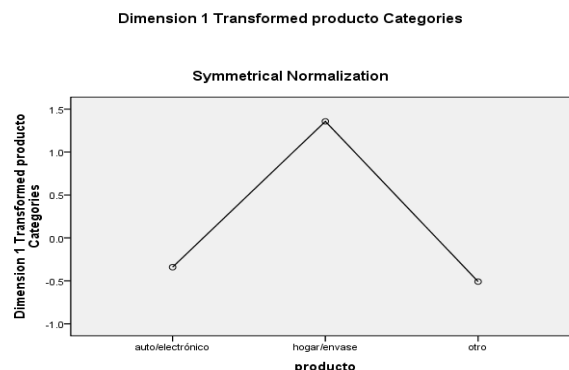


Ilustración 6-47 Dimensión 1 Transformadas de categorías productos

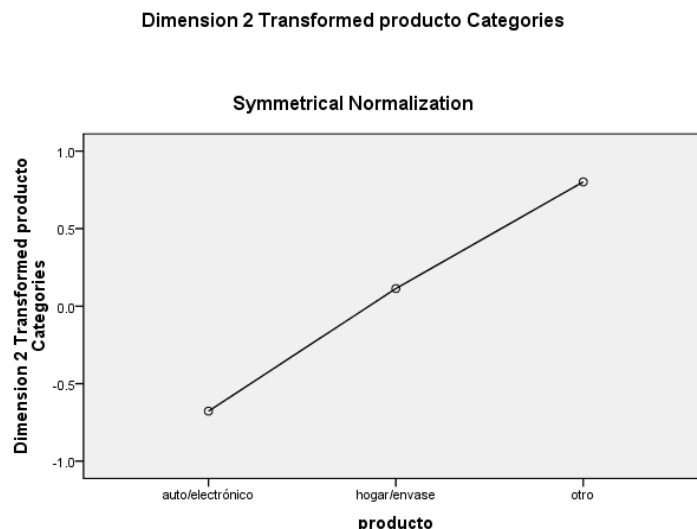


Ilustración 6-48 Dimensión 2 Transformadas de categorías productos

El gráfico de categorías de columna transformadas (P2) de la Ilustración 6-49 produce un gráfico de los valores originales para la categoría de columna frente a las puntuaciones de columna para la dimensión 1, y para la dimensión 2 se muestra en la Ilustración 6-50.

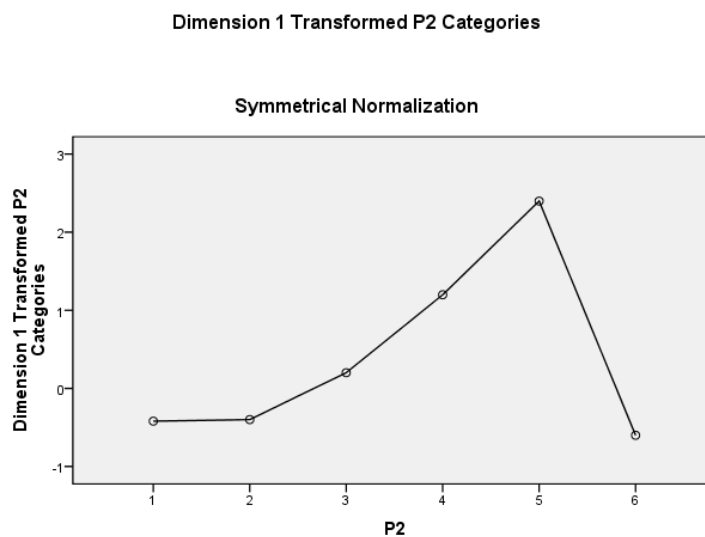


Ilustración 6-49 Dimensión 1 Transformadas de categorías causa P2

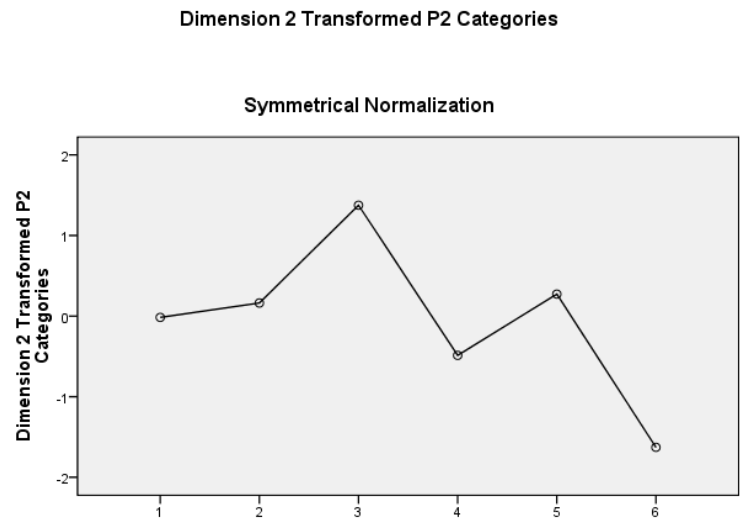
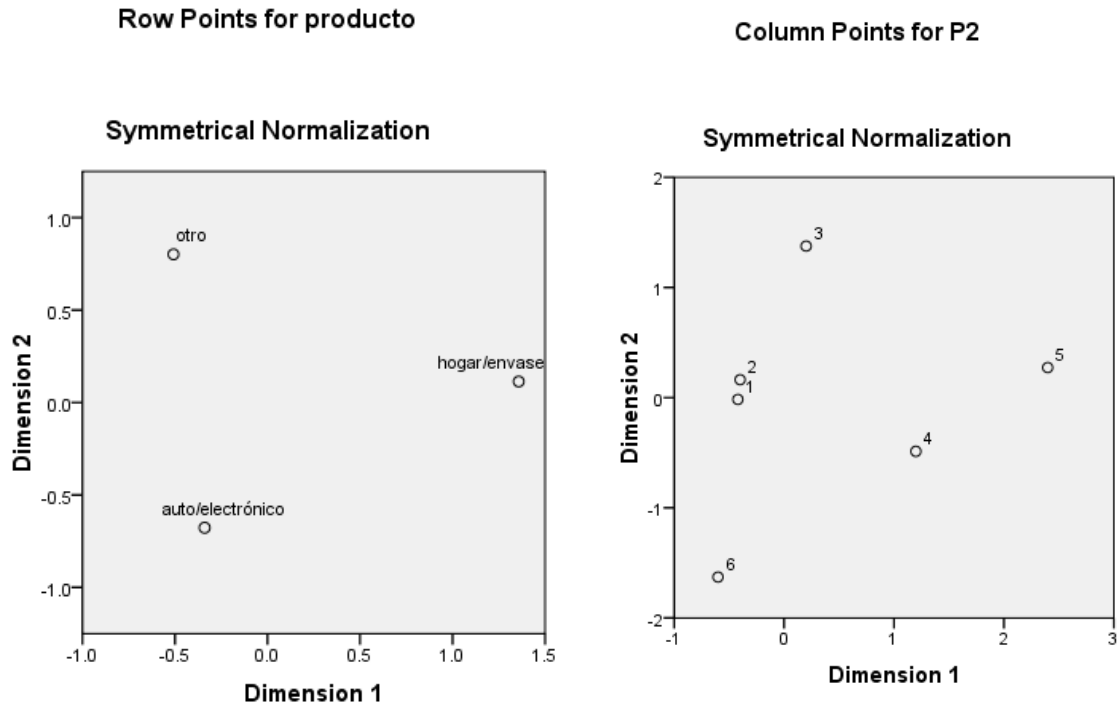
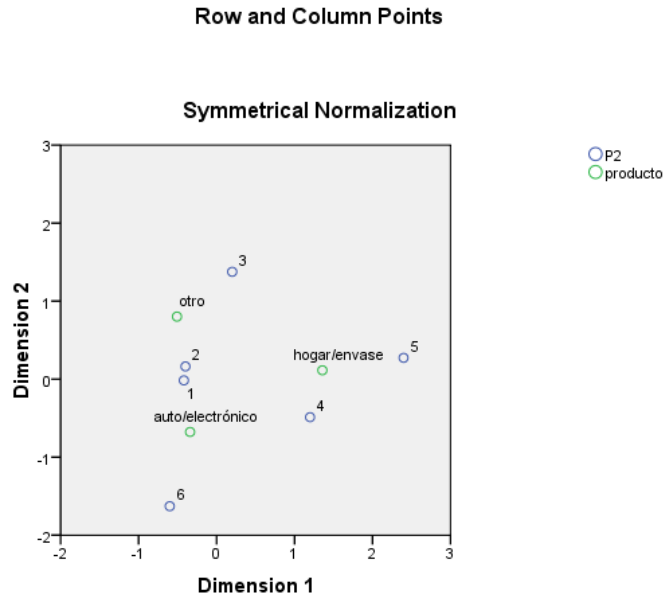


Ilustración 6-50 Dimensión 2 Transformadas de categorías causa P2



Los gráficos de punto fila y columna de las Ilustración 6-51 y la Ilustración 6-52, representan las proporciones para la localización geométrica de los puntos, valores tomados de las Tabla 6-57 Examen de los puntos fila y Tabla 6-58 Examen de los puntos columna en las columnas “Score in Dimension”. Para posteriormente unir estas ilustraciones en una sola (Ilustración 6-52).



Análisis de correspondencias simples para causa interna L2, “inexactitud del inventario”

En la Tabla 6-59, se muestra la tabla de contingencia para las dos variables (causa de no entrega a tiempo “L2” y tipo de producto) con sus marginales.

Tabla 6-59 Tabla de correspondencias

Producto (fila)	L2 (columna)						Active Margin
	1	2	3	4	5	6	
auto/electrónico	5	4	1	3	0	0	13
hogar/envase	3	2	1	1	0	0	7
otro	5	2	2	1	0	0	10
Active Margin	13	8	4	5	0	0	30

En la Tabla 6-60, se muestra los perfiles de fila (tipo de producto) y columna (causa L2 Inexactitud del inventario), que son las proporciones en cada fila y columna de cada celda basadas en los totales marginales. En donde se puede observar que las dos dimensiones propuestas tienen una inercia del .056, mucho menor al análisis anterior sobre P2 y tipo de producto. Esto quiere decir que hay menos relación del centro de gravedad de L2, que P2 en relación con el tipo de producto que se maneja. Sin embargo, en estas dos dimensiones se muestra la primera una cantidad mayor de inercia 97.7% de la inercia total. Además los valores propios (Singular Value) pueden interpretarse como la correlación entre las puntuaciones de filas y columnas. Para cada dimensión el cuadrado del valor propio es igual a la inercia y por tanto es otra medida de importancia de esa dimensión.

Tabla 6-60 Resumen

Ji	Dimensio	Singular	Chi	Sig.	Proportion of Inertia		Confidence	Singular Value
					Accounted	Cumulative		
n	Value	Inertia	Square		for		Standard	Correlation
1	.235	.055			.977	.977	.173	.026
2	.036	.001			.023	1.000	.180	
Total		.056	1.692	.998 ^a	1.000	1.000		

a. 10 degrees of freedom

Sin embargo la distribución de la frecuencia relativas mostrada como una unidad de masa distribuida entre los tipos de productos, muestra un alto valor en relación de la causa L2 en los productos auto/electrónico (Ver Tabla 6-61). Posteriormente en la

Tabla 6-62, se observa que la posición número 1 como causante de L2 de no entregas a tiempo, ocupa el valor más alto de masa de 0.433.

Tabla 6-61 Examen de los puntos fila^a

producto	Mass	Score in Dimension		Inertia	Contribution				
		1	2		Of Point to Inertia of Dimension		Of Dimension to Inertia of Point		Total
					1	2	1	2	
auto/electrónico	.433	.506	.089	.026	.472	.094	.995	.005	1.000
hogar/envase	.233	-.073	-.343	.001	.005	.761	.225	.775	1.000
otro	.333	-.607	.125	.029	.523	.144	.994	.006	1.000
Active Total	1.000			.056	1.000	1.000			

a. Symmetrical normalization

Tabla 6-62 Examen de los puntos columna^a

L2	Mass	Score in Dimension		Inertia	Contribution				
		1	2		Of Point to Inertia of Dimension		Of Dimension to Inertia of Point		Total
					1	2	1	2	
1	.433	-.237	.082	.006	.103	.081	.982	.018	1.000
2	.267	.354	-.283	.009	.142	.591	.910	.090	1.000
3	.133	-.831	-.032	.022	.392	.004	1.000	.000	1.000
4	.167	.714	.265	.020	.362	.324	.979	.021	1.000
5	.000	.	.	.	.	.	.	.	.
6	.000	.	.	.	.	.	.	.	.
Active Total	1.000			.056	1.000	1.000			

a. Symmetrical normalization

En estas tres últimas tablas se ofrecen las contribuciones a la inercia total de cada punto fila y columna. Los puntos fila y columna que contribuyen sustancialmente a la inercia de una dimensión son importantes para esa dimensión. Los puntos dominantes de la solución pueden detectarse fácilmente. Por ejemplo, los tipos de productos para el auto/eléctrico es un punto dominante de la primera dimensión ya que su contribución a la inercia de esa dimensión es de 0.506 y “otro” en la segunda dimensión pues su contribución es de 0.125. Por otra parte, el cuarto lugar de causa de no entregas a tiempo derivadas de la inexactitud del inventario (.714) y 2 causa (.354) contribuyen más que otros a la primera dimensión. A la segunda dimensión los que más contribuyen es la primera causa (0.082).

Las puntuaciones de la fila (Score in Dimension) de las tabla (Overview Row Points) son las coordenadas de los puntos de las filas de la Ilustración 6-53 y de las columnas son las coordenadas de los puntos de las columnas (Overview Column Points) de la Ilustración 6-54. Geométricamente, los puntos de las columnas son proporcionales al centroide ponderado de los puntos de las filas. Las distancias euclídeas entre los puntos de fila aproximan las distancias chi-cuadrado.

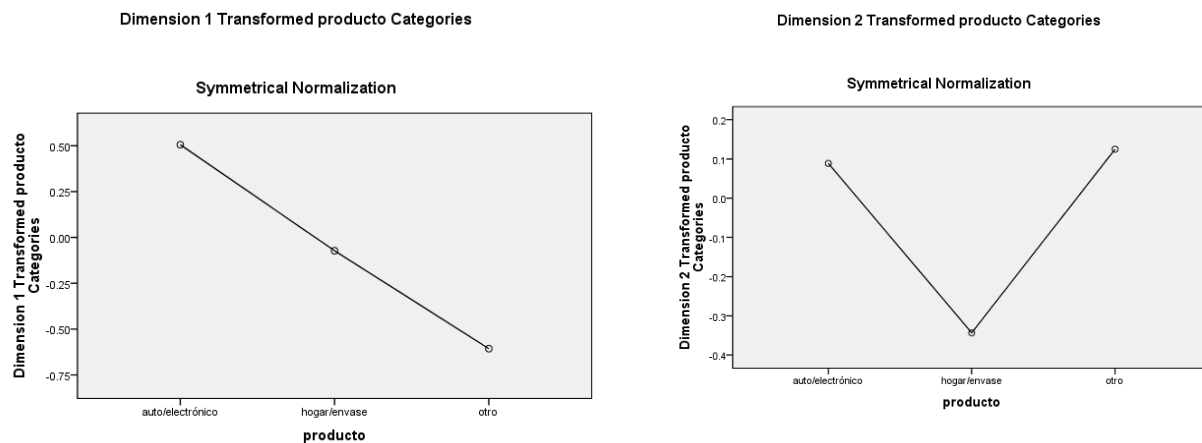


Ilustración 6-53 Dimensión 1 y 2 Transformadas de categorías de tipo de producto (fila)

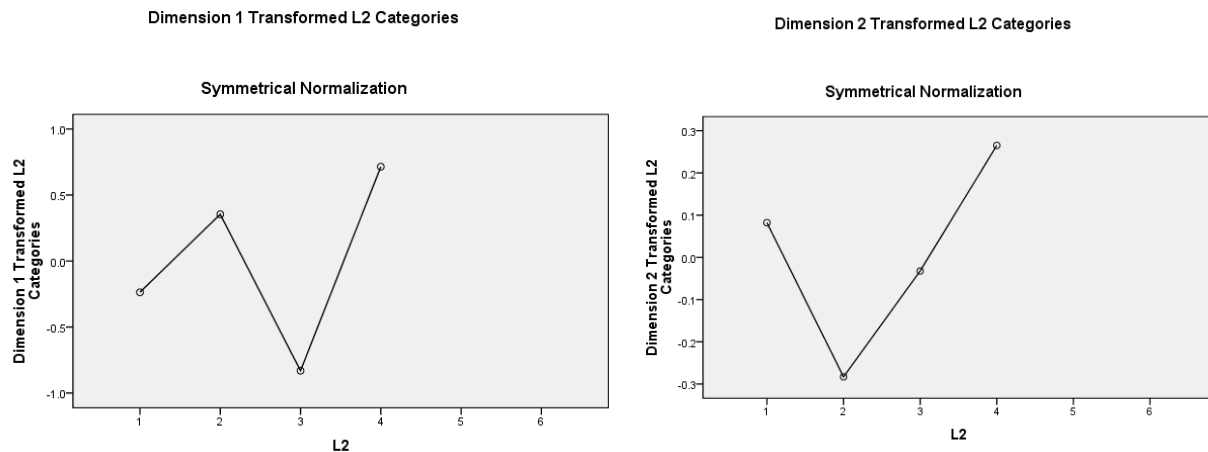


Ilustración 6-54 Dimensión 1 y 2 Transformadas de categorías posición de importancia de L2 (columna)

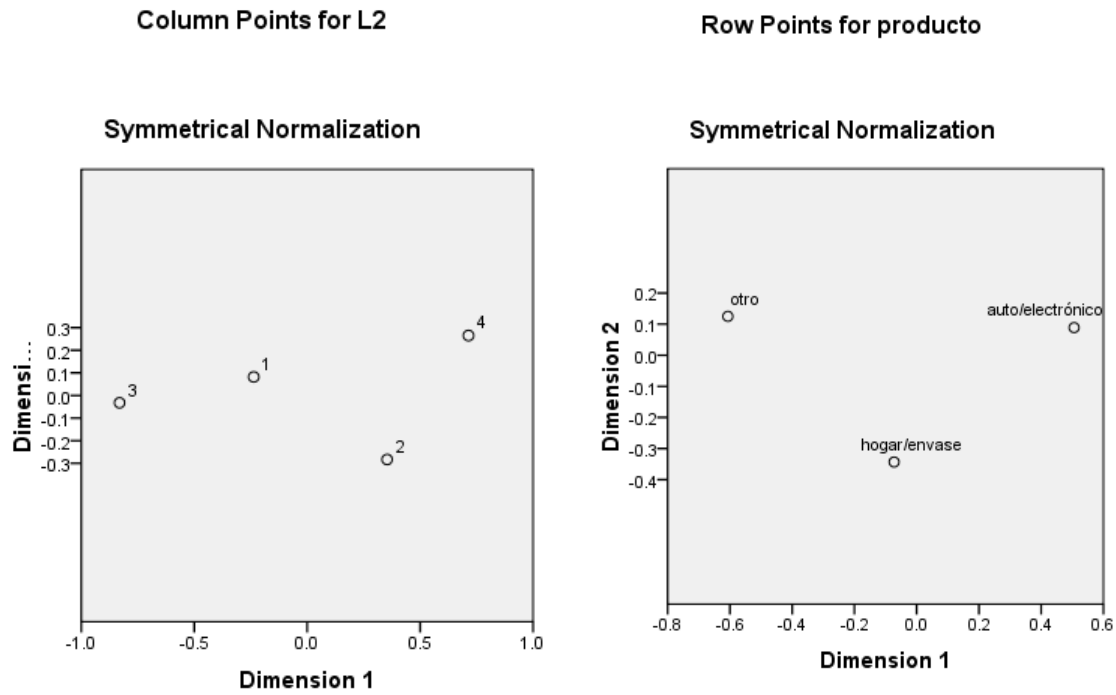


Ilustración 6-55 Diagrama de dispersión de columna (L2) y fila (tipo de producto)

En la primera imagen de la Tabla 6-54 se presenta la gráfica de puntuaciones de los objetos etiquetados por el número de caso, y en la segunda imagen se observa el gráfico de dispersión biespacial según los tipos de productos.

Análisis de correspondencias múltiples de causas internas de entregas tardías

En análisis de correspondencias múltiples o análisis de homogeneidades, el cual cuantifica los datos (categóricos) nominales mediante la asignación de valores numéricos a los casos (los objetos) y a las categorías. El objetivo de esta técnica es describir las relaciones entre dos o más variables nominales así como los objetos pertenecientes a dichas categorías. Los objetos pertenecientes a la misma categoría se representan alejados los unos de los otros. Cada objeto se encuentra lo más cerca posible de los puntos de categoría para las categorías a las que pertenece dicho objeto (Pérez 2004).

Para realizar un análisis de múltiples de correspondencias, se elige del paquete estadístico SPSS los menús de:

Analizar/Reducción de datos/Escalamiento óptimo

A continuación se muestran los resultados del análisis de correspondencias múltiples de las causas internas de producción y logística que ocasionan entregas tardías, dado que se pretende determinar si hay alguna similitud entre estas causas

Los resultados se muestran a continuación

Tabla 6-63 Resumen Modelo

Dimension	Cronbach's Alpha	Variance Accounted For		
		Total (Eigenvalue)	Inertia	% of Variance
1	.868	4.896	.408	40.799
2	.847	4.477	.373	37.305
Total		9.373	.781	
Mean	.858 ^a	4.686	.391	39.052

a. Mean Cronbach's Alpha is based on the mean Eigenvalue.

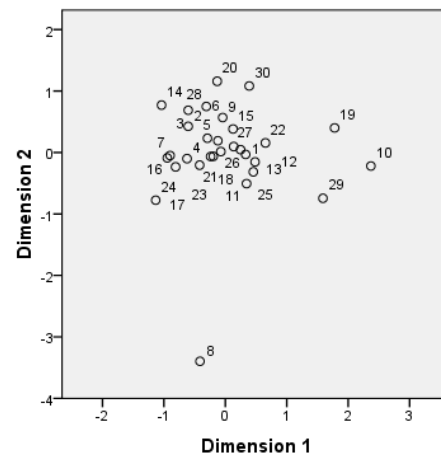
En la Tabla 6-63, se obtiene la salida resumen del modelo que selecciona dos componentes principales que recogen el 39.05 % de la varianza total del modelo.

En la Tabla 6-64, se observa que la inercia total corresponde a 4.833, la cual da información de la nube de puntos con relación al centro de gravedad G (medida de dispersión de los puntos en torno a sus centro).

Tabla 6-64 Object Contributions

Case Number	Mass	Inertia	Contribution				
			Of Point to Inertia of Dimension		Of Dimension to Inertia of Point		Total
			1	2	1	2	
1	.033	.149	.003	.000	.009	.000	.009
2	.033	.135	.019	.010	.058	.027	.085
3	.033	.162	.019	.026	.048	.059	.107
4	.033	.111	.020	.001	.075	.002	.077
5	.033	.150	.004	.003	.012	.007	.019
6	.033	.137	.001	.002	.002	.005	.008
7	.033	.190	.042	.000	.091	.000	.091
8	.033	.298	.009	.630	.012	.789	.801
9	.033	.146	.000	.018	.000	.045	.045
10	.033	.222	.293	.003	.540	.004	.544
11	.033	.191	.006	.014	.013	.027	.041
12	.033	.165	.012	.001	.030	.003	.033
13	.033	.122	.006	.000	.019	.000	.019
14	.033	.213	.056	.032	.108	.057	.165
15	.033	.107	.001	.008	.003	.028	.031
16	.033	.239	.047	.000	.080	.001	.080
17	.033	.134	.034	.003	.104	.008	.112
18	.033	.155	.002	.000	.005	.001	.006
19	.033	.204	.165	.009	.330	.016	.346
20	.033	.169	.001	.073	.002	.161	.164
21	.033	.156	.003	.000	.008	.001	.008
22	.033	.103	.022	.001	.088	.005	.092
23	.033	.154	.009	.002	.024	.006	.030
24	.033	.136	.067	.033	.201	.090	.290
25	.033	.125	.011	.005	.035	.016	.051
26	.033	.187	.000	.000	.001	.000	.001
27	.033	.145	.001	.001	.003	.001	.004
28	.033	.130	.005	.031	.016	.088	.103
29	.033	.150	.132	.030	.359	.076	.435
30	.033	.148	.008	.064	.022	.161	.183
Active Total	1.000	4.833	1.000	1.000			

Object Points Labeled by Casenumbers

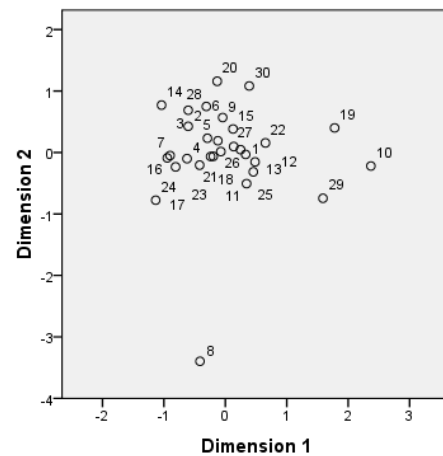


Symmetrical Normalization.

Case Number	Mass	Inertia	Contribution				
			Of Point to Inertia of Dimension		Of Dimension to Inertia of Point		Total
			1	2	1	2	
1	.033	.149	.003	.000	.009	.000	.009
2	.033	.135	.019	.010	.058	.027	.085
3	.033	.162	.019	.026	.048	.059	.107
4	.033	.111	.020	.001	.075	.002	.077
5	.033	.150	.004	.003	.012	.007	.019
6	.033	.137	.001	.002	.002	.005	.008
7	.033	.190	.042	.000	.091	.000	.091
8	.033	.298	.009	.630	.012	.789	.801
9	.033	.146	.000	.018	.000	.045	.045
10	.033	.222	.293	.003	.540	.004	.544
11	.033	.191	.006	.014	.013	.027	.041
12	.033	.165	.012	.001	.030	.003	.033
13	.033	.122	.006	.000	.019	.000	.019
14	.033	.213	.056	.032	.108	.057	.165
15	.033	.107	.001	.008	.003	.028	.031
16	.033	.239	.047	.000	.080	.001	.080
17	.033	.134	.034	.003	.104	.008	.112
18	.033	.155	.002	.000	.005	.001	.006
19	.033	.204	.165	.009	.330	.016	.346
20	.033	.169	.001	.073	.002	.161	.164
21	.033	.156	.003	.000	.008	.001	.008
22	.033	.103	.022	.001	.088	.005	.092
23	.033	.154	.009	.002	.024	.006	.030
24	.033	.136	.067	.033	.201	.090	.290
25	.033	.125	.011	.005	.035	.016	.051
26	.033	.187	.000	.000	.001	.000	.001
27	.033	.145	.001	.001	.003	.001	.004
28	.033	.130	.005	.031	.016	.088	.103
29	.033	.150	.132	.030	.359	.076	.435
30	.033	.148	.008	.064	.022	.161	.183

Symmetrical Normalization.

Object Points Labeled by Casenumbers



Symmetrical Normalization.

En la Tabla 6-65, pueden detectarse los puntos dominantes de la solución fácilmente. Por ejemplo, P2 es el punto dominante de la segunda dimensión y puede detectarse fácilmente en la Ilustración 6-56.

Tabla 6-65 Discrimination Measures

	Discrimination Measures		Mean
	1	2	
P1	.362	.303	.333
P2	.433	.727	.580
P3	.319	.378	.349
P4	.409	.393	.401
P5	.300	.386	.343
P6	.222	.327	.274
L1	.377	.326	.351
L2	.535	.098	.317
L3	.712	.296	.504
L4	.686	.317	.501
L5	.229	.465	.347
L6	.311	.463	.387
Active Total	4.896	4.477	4.686
% of Variance	40.799	37.305	39.052

Se observa que la mejor forma de asociar las variables a los componentes principales es, analizar simultáneamente la tabla de las saturaciones en los componentes de la Tabla 6-64 y el gráfico de saturaciones en los componentes se muestra en la Ilustración 6-56. En la cual se observa hay bastante asociación entre las variables L3 y L4, sin embargo P2 muestra una carga más alta para la dimensión 2 y L2 se muestra aislada del conjunto L4 y L3, pero con menor carga en la dimensión 1.

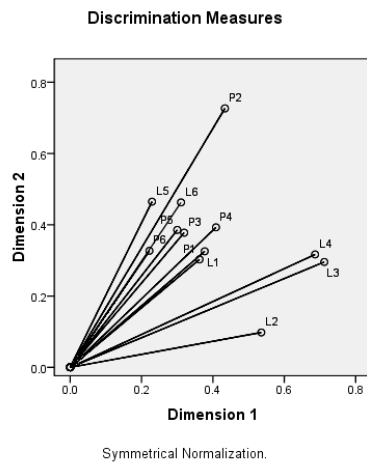


Ilustración 6-56 Diagrama de Saturaciones en los componentes

Modelos de vector del análisis de correspondencias múltiples de la causa P2, tipo de producto, nacionalidad y nivel de proveeduría.

Dado que el análisis de correspondencias múltiples marcó a P2 (mala programación por no considerar desperdicios al preparar las máquinas de inyección) como el punto dominante y la media más alta entre las dimensiones. Se procedió a realizar modelos de vector para captar las calificaciones de las posiciones de las respuestas según el tipo de producto y nacionalidad de la empresa (ver Ilustración 6-58) y nuevamente P2 con tipo de producto y nivel de proveeduría que ocupa la empresa en la cadena (tier) mostrado en la Ilustración 6-57.

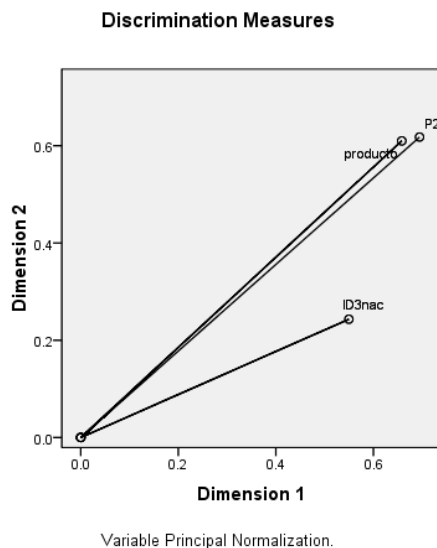


Ilustración 6-58 Modelo de vectores: L2, tipo de producto y nacionalidad de la empresa.

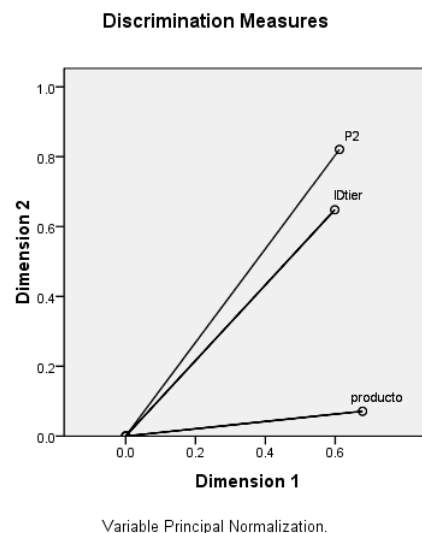


Ilustración 6-57 Modelo de vectores: L2, tipo de producto y nivel de proveeduría

Es estas ilustraciones se observa que aunque parezca que existe más relación entre el tipo de producto y la frecuencia de falla de P2, la causa P2 está más asociado al nivel de proveeduría que ocupa la empresa, que al tipo de producto que maneja.

Capítulo 7 Resultados

Resumen de resultados

En esta trabajo se estudiaron las causas comunes que ocasionaban dificultades en las “entregas a tiempo” (On-Time Delivery) siendo esta una métrica muy importante para satisfacer el servicio logístico de los proveedores de las industrias de transformación del plástico en la localidad. Los resultados se lograron a través de la utilización de la estadística descriptiva, análisis de componentes principales, análisis de conglomerados, diagrama de dispersión, efectos principales y análisis de correspondencia.

La estadística descriptiva, permitió un análisis preliminar general, en el cual se destaca que el suministro de pinturas para plástico y las resinas especializadas son los materiales que más ocasionaban entregas tardías (M5, M2). También se observa los contenedores o racks y las cajas de cartón que se utilizan para el empaquetado de los productos terminados, causaban retrasos por no contarse con ellos en el momento que debía elaborarse el empaque (M12, M10). Así mismo se percibe que los proveedores ocasionan retrasos en las entregas, debido a que el tiempo de entrega que ellos manejan es muy extenso o excede la fecha de entrega acordada (S1, S2), en otras ocasiones existen retraso debido a que los proveedores manejan ciertos tamaños de lotes más grandes que la cantidad requerida, lo que ocasiona que estas empresas tarden en abastecer porque están en busca de un colaborador que esté dispuesto a comprar la cantidad de material excedente (S6).

Como factores internos que influye en las entregas a tiempo, se percibe a la falta de seguimiento a los programas de producción en conjunto con la planeación de requerimiento de materiales (MRP), así como la falta de consideración del desperdicio (P1, P2). Sin embargo, en los resultados del estudio posterior de componentes principales, la causante del inapropiado uso de los programas de producción y MRP ha sido eliminado en la reducción de factores. Continuando con los factores internos detectados en el área logística, las situaciones más marcadas como causantes de las no entregas a tiempo, fueron la “inexactitud del inventario” y “atender otros pedidos pendientes” (L2, L6).

Para precisar las detecciones anteriores, se utilizó la herramienta de Análisis de Componentes Principales para reducir el número de causas comunes o variables originales en componentes específicos de los factores clasificados como externos e internos según este estudio, los cuales se muestran a continuación. Las causas de materiales (factor externo) fueron reducidas a tres componentes nombrados, uno para materiales específicos del área automotriz y otros dos para diversos materiales de empaque.

Para las causas relacionadas con los proveedores quedaron tres componentes. El primer componente, se relaciona con la necesidad de preparar un correcto nivel de inventario para cubrir los envíos programados; el segundo componente tiene relación con factores externos incontrollables como la falta de proveedores nacionales de resina, tamaños de lotes fijos, excedentes a los tiempos de entrega establecidos y cambios de acuerdos. El tercer componente, solo se contempla un factor externo que puede ser controlable ya que puede adaptarse la planeación de suministro aunque el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso.

Dentro de los factores internos relacionados con producción y logística, el ACP dedujo solo una causa de producción (mala programación por no considerar desperdicios) sin embargo las causas logísticas tienen más carga en sus autovalores.

Los últimos componentes principales detectados en este estudio fueron llamados: 1) Planeación y control del inventario para envío a tiempo, compuesto por “inadecuado nivel” y “imprecisión del inventario”, más “programación de desperdicios”. El segundo componente, llamado prevención y manejo de la inexactitud del inventario para mejorar la “el inadecuado nivel de inventario para cubrir las ventas” y la diferencia entre el “inventario real y el estimado” según el sistema de control.

El análisis Cluster realizado a las causas relacionadas con producción, muestra que hay más similitud de “exceso de producción no requerida” y “exceso de tiempo para la inspección” como causas no principales de entregas tardías. Sin embargo se agrupa inmediatamente con esta técnica a la causa de “no seguimiento al programa de producción y MRP”, esto significa que es la tercera causa con más similitud en las respuestas de los encuestados, y también ocupan el tercer lugar de causa más frecuente que ocasiona entregas tardías. También esta última causa, tiene el valor más bajo de asimetría positiva, dado que la curva se recarga hacia la izquierda (posiciones críticas de causas), también se observa que esta causa tiene una mejor distribución normal, ya que su media, moda y mediana tienen el mismo valor de 3.

Por otro lado, también se utilizó el análisis Cluster para comparar las posiciones de las respuestas de los encuestados en relación con las causas de producción. Los resultados mostraron que la causa de “inexactitud del inventario” tiene mucha similitud en su posición de respuesta con la “inexistencia de materiales para el embalaje”, pero la diferencia entre ellos es que la “inexistencia de material para embalaje” tiene una moda de 4 (posición de causa Non-OTD), y la “inexactitud del inventario” coloca a la moda en la posición número 1 de causa, así como menor valor de la desviación estándar y menor rango. También se observa que las causas con menor semejanza en el análisis cluster (“contenedores” y “atender otros pedidos pendientes”), han sido eliminados del análisis de componentes principales.

Tabla resumen de herramientas estadísticas y hallazgos

A continuación se muestra una tabla resumen de las herramientas estadísticas utilizadas, las variables analizadas y el hallazgo más relevante encontrado en esa sección.

Herramienta estadística	Variables analizadas (causas)	Hallazgo
Estadística descriptiva	Materiales	Los valores de las medias y desviaciones estándares, muestran que es muy poco frecuente que existan demoras en las entregas a los clientes debido a problemas en el suministro de materiales o debidas a los proveedores. Sin embargo, la diferencia entre las respuestas máximas y mínimas de la resina virgen, pigmentos y bolsas de nylon, muestran que estos materiales son los que menos problemas ocasionan para cumplir con las entregas a tiempo.
	Proveedores	Los proveedores ocasionan retrasos en las entregas, debido a que el tiempo de entrega que ellos manejan es muy extenso o excede la fecha de entrega acordada (S1, S2), en otras ocasiones existen retraso debido a que los proveedores manejan ciertos tamaños de lotes más grandes que la cantidad requerida, lo que ocasiona que estas empresas tarden en abastecer porque están en busca de un colaborador que esté dispuesto a comprar la cantidad de material excedente (S6).
	Producción	El tipo de escala utilizada en estos tipos de causas permitió detectar que los valores más bajos (más bajo, más causante) de media, mediana y moda correspondieran a la causa de mala programación por no considerar desperdicios al preparar las máquinas (P2). Sin embargo, en la causa P1 (mala programación por no considerar desperdicios), si existe una distribución normal, ya que la media, moda y mediana tiene el mismo valor 3, pero esta es una posición de tercer lugar de causa. También al comparar los valores de asimetría entre P1 y P2, se observa que P2 tiene un valor más grande que P1, esto significa que un valor más grande sesga hacia la derecha del valor de la media, es decir, entre más a la izquierda, más cercano al primer lugar de causante de entregas tardías.
	Logística	De igual manera, la escala utilizada en este grupo de causas, permitió detectar cual era la causa que más se acercaba como primer causante de entregas tardías. Es así, que la inexactitud del inventario (L2) es detectada como primer causante, con un valor de moda de 1, y valor 2 en media y mediana, por lo tanto también el valor de asimetría es el más positivo, lo que significa que la curva de la distribución está más recargada hacia el lado izquierdo, lugar de la primera causante.

Herramienta estadística	Variables analizadas (causas)	Hallazgo
Análisis de Componentes Principales (ACP)	Materiales	ACP, permitió reducir el número de causas comunes o variables originales en componentes específicos. Las causas de materiales fueron reducidas a tres componentes, uno para materiales requeridos normalmente para productos de alta especialización y otros dos para diversos materiales de empaque.
	Proveedores	Para las causas relacionadas con los proveedores quedaron tres componentes. El primer componente, se relaciona con la necesidad de preparar un correcto nivel de inventario para cubrir los envíos programados; el segundo componente tiene relación con factores externos incontrolables como la falta de proveedores nacionales de resina, tamaños de lotes fijos, excedentes en los tiempos de entrega establecidos y cambios de acuerdos (release). El tercer componente, solo se contempla un factor externo que puede ser controlable ya que puede adaptarse la planeación de suministro aunque el tiempo de entrega del proveedor sea muy extenso, siempre y cuando este sea fijo.
	Producción & Logística	El ACP dedujo solo una causa de producción (mala programación por no considerar desperdicios) y una causa de logística (inexactitud del inventario) en un componente. El segundo componente está formado por fallas en el inventario debidas al inadecuado nivel, identificación y la inexistencia de materiales para el embalaje del pedido.
Análisis de Conglomerados (Cluster)	Producción	Este método toma la métrica de disimilaridad (parecido) para medir que tan parecido son las variables en base a su distancia, es así que se las causas P4 (exceso de producción) y P6 (exceso de tiempo para inspección) fueron las más parecidas en sus respuestas, pero estas tienen una moda de cuarta y quinta posición como causantes de entregas tardías. La siguiente similitud a esta pareja recién formada, correspondió a P1 (no seguimiento al programa de producción o MRP), el cual sí ocupa el 3 lugar como causante según la moda, media y mediana (única con distribución normal).
	Logística	Se observa que las parejas más parecidas según las distancias euclidianas de las variables estandarizadas de la priorización de causas que ocasionan retrasos en las entregas a tiempo, son la inexactitud del inventario e inexistencia en almacén de materiales para el embalaje del pedido (L2 y L4) con una distancia de .000

Herramienta estadística	Variables analizadas (causas)	Hallazgo
Relaciones de Dependencia	Inexactitud del inventario y otras causas de logística	El diagrama de dispersión nos permitió determinar que sí existen problemas de inexactitud de inventario, existirán en igual proporción problemas de inexistencia de materiales para el empaque/embalaje, así como inadecuados niveles de inventario.
Efectos Principales	Producción	Se demostró que la causa P2 (mala programación por no considerar scrap) solo es crítica en las empresas que producen artículos de media y baja especialización, también se observa que las empresas que elaboran productos de alta especialización tienen necesidades principales muy diferentes a los de media y baja especialización.
	Logística	Se observa a través de esta herramienta que la inexactitud de inventario es una causa general en todo el sector que ocasiona demoras en las entregas de pedidos de los clientes, sin importar el tipo de especialización de productos que se procesen por parte del encuestado.
Análisis de correspondencias múltiples	Producción Logística	Se realizó el análisis de correspondencias múltiples de las causas internas de producción y logística que ocasionan entregas tardías, para determinar si hay alguna similitud entre estas causas, del cual se determinó que hay bastante asociación entre las variables L3 (identificación inventario) y L4 (falta material empaque), según sus dimensiones 1 y 2, pero L2 (inexactitud inventario), el cual muestra también bastante carga en la dimensión 1, se muestra aislada del conjunto L4 y L3. Por otro lado, P2 (no considerar scrap) muestra una carga más alta para la dimensión 2, aislado de las demás variables.
Modelos de vector del análisis de correspondencias múltiples	P2 “mala programación por no considerar desperdicios”, tipo de producto, nacionalidad y nivel de proveeduría	Dado que en el ACM, P2 fue el punto dominante, se procedió a realizar modelos de vector para captar las calificaciones de las posiciones de las respuestas según el tipo de producto y nacionalidad de la empresa. Posteriormente, se analizó P2 con tipo de producto y nivel de proveeduría que ocupa la empresa en la cadena (tier), observando que aunque parezca que existe más relación entre el tipo de producto y la frecuencia de falla de P2, la causa P2 está más asociado al nivel de proveeduría que ocupa la empresa, que al tipo de producto que maneja.

Conclusiones

El objetivo del trabajo se ha cumplido satisfactoriamente. Un análisis de factores arrojó resultados importantes para identificar causas comunes internas y externas que ocasionaban problemas para cumplir con las entregas “Just in time” en la industria de transformación de plástico de una localidad.

Los resultados demuestran la necesidad de impulsar el desarrollo de proveedores de materiales de cartón y también demuestra que según el tipo de cliente que tengan estas industrias del plástico, deberán tener diferentes necesidades relativas al embalaje y el empaque.

Como resultado de la reducción de variables que ocasionan dificultades en la entrega, se observa que solo existe una causa fuertemente cargada, relacionada con el área de producción y otras cuatro causas relacionadas con el área logística. La causa relacionada con el área de producción es llamada en este estudio: “mala programación por no considerar desperdicios” y las variables relativas al área de logística tienen que ver con fallas en el control y manejo de inventario, las cuales se reflejan como “inexactitud del inventario”, “falta de identificación del inventario” e “inadecuados niveles de inventario”. Por lo que es recomendable que este sector dedique más atención a las funciones de manejo y control de inventarios para mejorar su desempeño logístico.

Las hipótesis planteadas fueron todas aceptadas, dado que según las respuestas de los encuestados siempre se identificó una causa común entre este sector para clasificación de factores externos y externos que afectan las entregas a tiempo.

Este trabajo deja afuera la programación de las rutas de entregas y la capacidad de los vehículos para transportar los productos, así como el procesamiento de las ordenes de pedido, dado que en el sector no se presentaron situaciones de inconformidad durante el estudio de campo.

En el estudio de la articulación de la Cadena Productiva del Plástico presentado por Miranda et al. (2009), se menciona que la inexistencia de abasto local de materias primas (resina) es una debilidad del sector local, pero este trabajo demuestra que existen otras causas más relevantes relacionadas con la logística interna. Así mismo, este trabajo de investigación, también permite contrarrestar otra de las debilidades mencionadas por estos autores, ya que mencionan que existe una limitada articulación de esta industria con el sector educativo y que es necesario formar pertinente de mano de obra especializada en necesidades logísticas de este sector y no solo capacitación técnica de los procesos productivos del plástico. Es así, que los resultados de este estudio permitirán dar una

dirección de cuales actividades logísticas deben desarrollarse para evitar las entregas tardías.

Recomendaciones

Los investigadores interesados en continuar nuestra investigación podrían concentrarse en el factor de precisión y manejo del inventario y su influencia en las entregas a tiempo, así como profundizar los efectos de la falta de estandarización en las actividades de preparación de las máquinas para reducir los tiempos de purgas y calibraciones de las máquinas de inyección que son utilizadas en este sector.

Finalmente, una de las recomendaciones generales para el sector es la utilización de métricas que permitan identificar si el tiempo programado para la preparación de las máquinas fue cumplido, y si no, buscar las actividades que permiten lograr una mejor cumplimiento al programación de la producción, sin que afecte los tiempos de entregas comprometidos con el proveedor, además incluir otro indicador para el mantenimiento preventivo total como variable de influencia en las entregas a tiempo.

Referencias

- Achrol, R.S., and Stern, L.W. (1988), "Environmental determinants of decision-making uncertainty in marketing channels", *Journal of Marketing Research*, Vol. 25 No. 1, pp. 36-50
- Akbalika, A., and Penz, B., (2011), "Comparison of just-in-time and time window delivery policies for a single-item capacitated lot sizing problem", *International Journal of Production Research*, Vol. 49 No. 9, pp. 2567–2585
- Bachlaus, M., M.K., T., and Chan, F. (2009), "Multi-Objective resource assignment problem in a product-driven supply chain using a Taguchi-based DNA algorithm", *International Journal of Production Research*, 2345-2371
- Ballou, R. (2004). *Logística, Administración de la Cadena de Suministro*. México: Pearson Prentice Hall.
- Bask, A., and Kuula, A. (2011), "Measuring supply chain level environmental sustainability - case nokia", *International Journal of Business Insights & Transformation*, Vol. 3 No. 3, pp. 16-24
- Beamon, B.M., (1999), "Measuring supply chain performance", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 19 No. 3, pp. 275-292
- Berk, K.N., and Carey, P. (2001), "Análisis de datos con Microsoft Excel", *International Thomson Editores*, México.
- Bernabe Loranca, M.B. (2003), "Evaluación estadística de datos cualitativos en comercio electrónico", *Tesis de maestría*, Universidad Iberoamericana campus Puebla.
- Bhagwat, B., and Sharma, M. (2007), "Performance measurement of supply chain", *Production Planning & Control*, pp. 666-680
- Brewer, P., and Speh, T. W. (2000), "Using the balanced scorecard to measure supply chain performance", *Journal of Business Logistics*, pp. 75-93
- Breyfogle, F. W. (1999), "Implementing Six Sigma: smarter solutions using statistical methods" New York: Wiley
- Celly, K.S., and Frazier, G. (1996), "Outcome-based and behavior-based coordination efforts in channel relationships", *Journal of Marketing Research*, Vol. 33 No. 2, pp. 200-10
- Chan, F. (2003), "Performance measurement in a supply chain", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 534-548
- Chiu, H.N., and Huang, H.L. (2003), "A multi-echelon integrated JIT inventory model using the time buffer and emergency borrowing policies to deal with random delivery lead times", *International Journal of Production Research*, Volume 41 No. 13, pp. 2911-2931

- Collins, P.D., Hage, J., and Hull, F.M. (1988), "Organizational and technological predictors of change in automaticity", *Academy of Management Journal*, Vol. 31 No. 3, pp. 512-43
- Cooke, J. (2001), "Measuring value: who should measure your performance?", *Logistics*, pp. 45-48
- Council, S.C. (2005), "Supply chain operations reference model", Overview of SCOR version 7.0, Washington
- Crum, M.R., Johnson, D.A., and Allen, B.J. (1998), "A longitudinal assessment of EDI use in the US motor carrier industry", *Transportation Journal*, Vol. 36 No. 1, 15-28
- Damanpour, F. (1991), "Organizational innovation: a meta-analysis of effects of determinants and moderators", *Academy of Management Journal*, Vol. 34 No. 3, pp. 555-590
- Dasgupta, T. (2003), "Using the Six-Sigma metric to measure and improve", *Total Quality Management*, pp. 355-366
- De la Garza García, J., Morales Serrano, B.N., and Gonzáles Cavazos, B.A. (2013), "Análisis estadístico multivariante", Mc Graw Hill, México
- Dev, N., Caprihana, R., and Swami, S. (2008), "Using the Taguchi paradigm for the design of information sharing", Dayalbagh Educational Institute
- Dolgui, A., and Ould-Louly, M. A. (2002), "A model for supply planning under lead time uncertainty", *International Journal on Production Economics*, Vol. 78 No. 2, pp. 145–152
- Escalante, E. (2006), "Seis-Sigma: Metodología y Técnicas", Limusa, México
- Ettlie, J.E., and Reza, E.M. (1992), "Organizational integration and process innovation", *Academy of Management Journal*, Vol. 35 No. 4, pp. 795-827
- Garg, D., Narahari, Y., and Viswanadham, N. (2003), "Design of Six Sigma supply chains", *International Conference on Robotics & Automation, IEEE*, pp. 1737-1742
- Goldsby, T.J., and Martichenko, R. (2005), "Lean Six Sigma logistics: strategic development to operational success", J. Ross Publishing, Inc. U.S.A.
- Gunasekaran, A., Patel, C., and Tirtiroglu, E. (2001), "Performance measures and metrics in a supply chain environment", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21(1/2), pp. 71- 87
- Gunasekaran, A., Patel, C., and McGaughey, R. E. (2004), "A framework for supply chain performance measurement", *International Journal of Production Economics*, Vol. 87 No. 3, pp. 333-347
- Gupta, S., and Pochampally, K. (2008), "A Taguchi Loss approach to selection of collection", Brooklyn, New York, U.S.A

- Germain, R. (1996), "The role of context and structure in radical and incremental logistics innovation adoption", *Journal of Business Research*, Vol. 35 No. 2, pp. 117-27
- Ha, A.Y., Li, L., and Ng, S.M., (2003), "Price and delivery logistics competition in a supply chain", *Management Science* ©, INFORMS, Vol. 49 No. 9, 1139-1153
- Hage, J. (1980), "Theories of organization: form, process, and transformation", John Wiley & Sons, New York. N.Y.
- Hair, Jr. J.F., Anderson, R.E., Taham, R.L., and Black, W.C. (2007), "Análisis multivariante", 5ta Edición, Prentice Hall, Madrid
- Harding, F.E. (1998), "Logistics service provider quality: private measurement, evaluation, and improvement", *Journal of Business Logistics*, Vol. 19 No.1, pp. 103-120
- Hassini, E., Surti, C., and Searcy, C. (2012), "A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics", *International Journal of Production Economics*, Vol. 140 No. 1, 69-82
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., and Baptista Lucio, P. (2006), "Metodología de la Investigación", México: McGraw Hill/Interamericana Editores
- Iyer, K.N.S., Germain, R., and Frankwick, G.L. (2004), "Supply chain B2B e-commerce and time-based delivery performance", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 34, No. 8, 645-661
- Izui, K., Nishiwakia, S., Yoshimuraa, M., Kariyaa, H., Ogiharab, Y., and Hayashib, S. (2010), "Switchgear component commonality design based on trade-off analysis among inventory level, delivery lead-time and product performance", *International Journal of Production Research*, Vol. 48 No. 10, pp. 2821–2840
- Johnson, R., and Wichern, D. (2007), "Applied multivariate statistical analysis", New Jersey, USA: Pearson Education
- Kaplan, R.S., and Norton, D.P. (1992), "the balanced scorecard - measures that drive performance", *Harvard Business Review*, pp. 71-79
- Karim, M.A., Samaranayake, P., Smith A.J.R., and Halgamuge, S.K. (2010), "An on-time delivery improvement model for manufacturing organizations", *International Journal of Production Research*, Vol. 48 No.8, pp. 2373–2394
- Knowles, G., Whicker, L., Heraldez, J., and Del Campo, F. (2005), "A Conceptual Model for the Application of Six Sigma", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, pp. 51-65
- Kohli, A.K., and Jaworski, B.J. (1990), "Market orientation: the construct, research propositions, and managerial implications", *Journal of Marketing*, Vol. 54 No. 2, pp. 1-18

- Kumar, S., McCreary, M., and Nottestad, D. (2011), "Quantifying supply chain trade-offs using Six Sigma, simulation, and designed experiments to develop a flexible distribution network", *Quality Engineering*, pp. 180-203
- Lambert, D.M., and Harrington, T.C. (1989), "Establishment customer service strategies within the marketing mix: more empirical evidence", *Journal of Business Logistics*, Vol. 10 No. 2, pp. 44-60
- Lambert, D., and Pohlen, T. (2001). *Supply Chain Metrics*. *International Journal Logistics Management*, 1-19.
- Low, C., Li, R.K., and Chang, C.M. (2013), "Integrated scheduling of production and delivery with time windows", *International Journal of Production Research*, Vol. 31 No. 3, pp. 897-909
- Mahmoud-Jouini, S.B., Midler, C., and Garel, G. (2004), "Time-to-market vs. time-to-delivery: managing speed in engineering, procurement and construction projects", *International Journal of Project Management*, Vol. 22 No.5, pp. 359–367
- Mendenhal, W., and Sincich, T. (1997), "Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias", Prentice-Hall, 4a Ed. México
- Mentzer, J., Flint, D., and Kent, J. (1999), "Developing a logistics service quality scale", *Journal Business Logistics*, pp. 9-32
- Miller, D. (1987), "The structural and environmental correlates of business strategy", *Strategic Management Journal*, Vol. 8 No. 1, pp. 55-76
- Miller, D., and Droge, C. (1986), "Psychological and traditional determinants of structure", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 31 No. 4, pp. 539-560
- Miranda, A., Tovar, L.E., Orozco, A.M., De los Santos, S., and Márquez, O. (2009), "estudio de articulación de la cadena productiva de plástico en el Estado de Puebla", *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla*, pp. 128
- Moch, M.K., and Morse, E.V. (1977), "Size, centralization, and organizational adoption of innovations", *American Sociological Review*, Vol. 42 No. 5, pp. 716-25
- Montgomery, D.C. (2006), "Control estadístico de la calidad", México: LIMUSA Wiley
- Montgomery, D.C. (1991), "Diseño y análisis de experimentos", México: Iberoamericana.
- Myers, R.H., and Montgomery, D. (1995), "Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments", New York: Wiley
- Neely, A., Gregory, M., and Platts, K., (1995), "Performance measurement system design: a literature review and research agenda", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15 No. 4, pp. 80-116

- Novack, R.A., and Thomas, D. (2004), "the challenges of implementing the perfect order concept", *Transportation Journal TM.*, pp. 1-16
- Novack, R.A, Langley, C., and Rinehan, L. (1995), "Creating logistics value: themes for the future", *Council of Logistics*
- Pérez López, C. (2004), "Técnicas de análisis multivariante de datos, aplicaciones con SPSS", Pearson Educación, Madrid (España)
- Phadke, M. (1989), "Quality engineering using robust design", Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall
- Pullim, J. (2002), "Success comes in threes", *Professional Engineering*, pp. 8-28
- Qian, L. (2013), "Market-based supplier selection with price, delivery time, and service level dependent demand", *International Journal Production Economics*, Vol. 147, pp. 697-706
- Rayport, J.F., and Jaworski, B.J. (2001), "E-commerce", McGraw-Hill, New York, NY
- Reyes-Alcantar, M., and Bernabe-Loranca, M.B. (2014), "Evolutionary model for the measurement of the logistics performance of non-transnational supplies", *Journal of Business and Economics*, Vol. 5 No. 4, pp. 484-501
- Saaty, T.L. (1980), "The analytic hierarchy process", New York: McGraw-Hill
- Secretaría de Economía (2009), *Diario Oficial de la Federación*, obtenido del sitio web http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5096849 el día 25 de Marzo de 2014.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., and Simchi-Levi, E. (2000), "Designing and managing the supply Chain", McGraw-Hill, Boston, MA
- Shang, J., Li, S., and Tadikamala, P. (2004), "Operational design of a supply chain system using the taguchi method", *International Journal of Production Research*, pp. 3823-3849
- So, K.C., and Song, J.S. (1998), "Price, delivery time guarantees and capacity selection", *European Journal of Operational Research*, Vol. 111 No. 1, pp. 28-49
- Soepenbergh, G.D., Land, M.J. and Gaalman, G.J.C. (2012), "A framework for diagnosing the delivery reliability performance of make-to-order companies", *International Journal of Production Research*, Vol. 50 No. 19, pp. 5491-5507
- Szwejcowski, M., Mapes, J., and New, C., (1997), "Delivery and trade-offs", *International Journal of Production Economics*, Vol. 53 No. 3, pp. 323-330
- Toyota Motor Corporation (1995), "The Toyota Production System", Company manual, Tokyo, Japan
- Turki, S., Hennequin, S., and Sauera, N. (2013), "Perturbation analysis for continuous and discrete flow models: a study of the delivery time impact on the optimal buffer level", *International Journal of Production Research*, Vol. 51 No. 13, pp. 4011-4044

Vastag, G., and Whybark, D.C. (2005), "Inventory management: is there a knock-on effect?" *International Journal of Production Economics*, Vol. 93–94 No.1, pp. 129–138

Wang, F., Du, T., and Li, E. (2004), "Applying Six-Sigma to supplier", *Total Quality Management*, pp. 1217-1229

Yang, H.M., Choi, B.S., Park, H.J., Suh, M.S., and Chae, B. (2007), "Supply chain management six sigma: a management innovation methodology at the Samsung group", *Supply Chain Management: An International Journal*, pp. 88-95

Katcon Company (2013), "What is a Tier 1 Supplier in the Automotive Industry? recopilado del sitio web <http://www.tier1parts.com/what-is-tier-1-supplier>, el día 14 de Febrero de 2015.

Anexos

Anexo 1 - Artículo por enviar “International Review of Management and Business Research (IRMBR)”

Survey comparativo de criterios tradicionales y emergentes para la selección de proveedores en Industrias del Plástico de una Localidad

Anexo 2 - Artículo publicado en revista arbitrada

“Evolutionary Model for the Measurement of the Logistics Performance of Non-Transnational Suppliers”, Journal of Business and Economics, ISSN 2155-7950 USA, April 2014, Volume 5, No. 4, pp. 437-442

Anexo 3 – Ponencia en congreso internacional

Global Conference on Business and Finance (The Institute for Business & Finance Research), Costa Rica, Mayo 2013

Anexo 4.- Premio a la investigación sobresaliente

ORA, Outstanding Research Award, The Institute for Business & Finance Research (The IBFR GLOBAL Congress 2013)

Anexo 5 - Memoria de congreso internacional

CiLOG 2013, International Congress on Logistics & Supply Chain: “Una estructura para la Medición del Desempeño de Cadena de Suministro Ecológicamente Responsable”, pp 278-282.

Anexo 6 – Autor principal de capítulo

Capítulo de libro: “Enverdecimiento de la cadena de suministro: desde el abasto hasta la recuperación de productos al final de su ciclo de vida”; Libro: “La Mercadotecnia Verde en un Contexto de Conciencia Ambiental en Formación”. Plaza & Valdés Editores en colaboración con el ITESM campus Toluca, Querétaro y Cd. De México, Instituto Politécnico Nacional, Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Pontificia Comillas Madrid y Universidad Tecnológica de Puebla.

Anexo 7 – Conferencia promoción

“Una propuesta para la medición del enverdecimiento de la CS”, UTP.

Anexo 8 -Carta presentación para el estudio

Anexo 9 - Instrumento de medición para conocer las causas internas y externas que afectan las entregas a tiempo

Anexo 10 – Artículo enviado a “International Journal of Production Research”

“A comparative local study of the causes that affect the development of delivering of products on time in the plastic industry”

Comparison of Traditional and Emerging Criteria for Supplier Selection

Reyes-Alcantar, M.*. Bernabé-Loranca, M. B.**

* Technological University of Puebla, Puebla Mexico,
(Tel: 222-309-8819; e-mail: marisolreyesalcantar@gmail.com)

** Benemerita Autonomous University of Puebla
(e-mail: beatriz.bernabe@gmail.com)

Abstract: Traditionally the selection of suppliers based on criteria is based on price, product quality, delivery time, and after-sales service. So this research, makes a comparison between the criteria of traditional and emerging selection, meaning as emerging, those attributes that measure the flexibility, information and the importance that local industrialists of plastic give to "green metrics" for the selection of suppliers, which are considered unimportant now. Therefore, this research will try to find the gap between acceptance and rejection of these attributes. For the reduction factors it was used the analysis of main components to determine those considered the most important by the suppliers' evaluators

Keywords: supplier selection, metrics, measured, median frequency, functional chains, components, eigenvalues, factory analysis.

1. INTRODUCTION

The growing intensity of international competition forces enterprises to reduce their vertical range of manufacture and to concentrate exclusively on their core capabilities. At the same time, the reduction of the manufacturing depth leads to an increase of the proportion of purchased parts and consequently increases the dependency on suppliers (Maron and Brückner (1998), cited by Lasch and Janker (2005).

Likewise, the supplier selection process in industry has Recently Gained Importance due to the significant amount of revenue spend on purchasing (Pitchipoo et al. 2012). These authors also mention, that the problem Associated with This supplier selection process Involves Both tangible and intangible conflicting criteria. Thus used, the structured technique, called: The Analytic hierarchy process (AHP) developed by Saaty (1980, 2008), The AHP decomposes the problem into a hierarchy of more easily comprehended sub-problems, each of which can be Independently Analyzed and measured in their degree of consistency of Priorities and that have theories to improve increase consistency of Priorities (Kumar and Pani 2014). Note that this technique has also been used by other authors for the selection of providers, such as Bhutta and Huq (2002), Chan (2004), Liu and Hai (2005), Sevkli et al. (2007), Ramanathan (2007), Felix et al. 2008 Kokangul and Susuz (2009), Sen et al. 2010 Mafakheriet et al. 2011, Yang and Chen 2006, Kumar and Pani (2014).

Goffin et al. Et al 1997 referred by Pitchipoo et al. 2012. Stated that supplier selection is one of the most important decision-making problems, since Selecting the right suppliers reduce purchasing costs and significantly improves corporate competitiveness.

The supplier selection problem involves trade-offs among multiple criteria that Involve both quantitative factors such as cost, delivery, warranty, capacity, etc. And qualitative factors: such as quality, reputation, etc. (Pitchipoo et al. 2012). Notably as suggested by the latter author, that not only reputation is important, but should be considered the responsibility of all supply chains in relation to the effects caused by the operation of its production processes and the commitment that companies made with care for the environment. Thus, the importance of traditional criteria currently used in most provider selection process emerging indicators; the following sequence for this research is proposed to be compared.

1. LITERATURE REVIEW

It declares generally that industries have to ensure that product meets international standards and quality requirements to remain considered competent industries. To achieve this, it is necessary that the supply of raw materials so another kind of Mention that the necessary input should be selected appropriately (Pitchipoo et al. 2012). Also, Kumar and Pani (2014), mention that is necessary to investigate the dynamics of the critical supplier selection criteria.

But these authors do not consider issues that promote environmental stewardship among the requirements that require their suppliers.

1.1 Methods of classifying

Pitchipoo et al. 2012, mention a classification criteria structure significantly more powerful in the "conditional attributes" of "performance assessment, manufacturing,

quality assessment and business factors". Subsequently, the structure is separated into "quantitative and qualitative criteria", later to assess attributes, delivery, quality, warranty, costs, capacity, reputation and financial position. But this leaves out some emerging structure such attributes as those relating to the care of environment and the flexibility that you need a supplier to meet the competitive market changes and the availability of immediate information.

Kumar and Pani (2014) also introduce selection criteria traditions, some outstanding such as location, e-transaction capability, responsiveness to demand fluctuation, experience in the domain and relationship, but again this author does not consider important to introduce environmentally green metrics to measure the supply.

Lasch & Janker (2005) classifies suppliers through factor analysis, grouped according to performance evaluation in price, service, logistics, quality and quantity. To deepen the variety of criteria that have been studied by several authors, the reader is referred to Table 1, where you can see that there are few studies that deepen the degree of involvement of suppliers in the environmentally responsible sourcing.

2. PROPOSED STRUCTURE

Since it is essential that the leaders of supply chains influence the decision of its suppliers to voluntarily participate in issues that prevent future shortages of raw materials, through the reuse of waste in other process, remanufacturing and reduced emissions pollutants within the production processes, distribution and end of life cycle of products (Reyes and Bernabé 2014, Hassini et al. 2012). You need to consider important to introduce into their criteria for selection of suppliers the following structure (for more metrics to measure sustainable supply, the reader can refer to

Table 1. Literature review of criteria used in selecting suppliers

Criteria	Authors
Quality, delivery compliance, price, geographical location, e-transaction capability and adoption of e-procurement platforms.	Kumar and Pani (2014)
Cost, quality, delivery lead time, capacity, warranty and reputation or brand image. Also, packaging ability, geographical location and logistics used	Pitchipoo et al. 2012
Quality, flexibility, cost, guarantee of supply and delivery, reliability, perceived risks, technological issues and environmental issues).	Chan and Chan 2010
Cost, quality, political-economic situation, geographical location, infrastructure, financial	Felix et al. 2008

background, performance history and risk factors.	
Delivery and Price.	Li et al. 2008
Cost, shipment, human resources of the supplier, quality and capacity.	Sevkli et al. 2007
Quality, finance, customers service, cost, delivery and turnover.	Yang and Chen 2006
Price, quantity, quality, logistics and service	Lasch&Janker (2005)
Quality of the product, price, and delivery date.	Tsai et al. 2003

The most important criteria considered for this study are as follows.

- Traditional assessment criteria
 - Economics
 - Quality
 - Lead Time
- Emerging assessment criteria
 - Delivery
 - Flexibility
 - Greening

The above criteria are classified into traditional criteria (economics, quality and delivery) and emergent criteria (flexibility and greening). This proposed model for supplier evaluation and selection is show (Fig. 1).

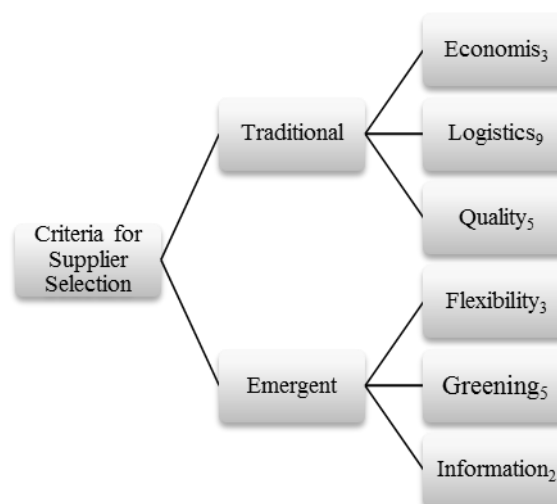


Fig. 1 - Criteria and KPIs classification for supplier selection.
a number of items

3. METHODS

4.1 Data and Sample Collection

Data was Collected-through a cross-sectional survey Administered in Mexico, with a population of 74 local companies in the industry of plastic processing in a city, 35 were interviewed and only 19 were detected as companies that require third parties such as suppliers of plastic components, why the sample of this study is limited; However, this sample reached 54% response of the

companies contacted. The results of this study were analyzed with SPSS 16 to test the importance given to each group analyzed.

The sample corresponds to 47% of Mexican companies, 10% American and 43% are European. Likewise, the size of these companies large corresponds to 53%, median 32%, 10% and 5% of small and micro. A more detailed breakdown of the sample and Informants can be found in Table 2.

Table 24.2 Questionnaire and Measure Development.

Recently related studies only supplier selection criteria traditionally found, had to design an instrument for data collection to include new or emerging criteria for comparing the importance reviewers say some metrics performance measurement of logistics, sustainable and access to information, collected all these concepts of literature review and opinion of the evaluators, activities for a total of 27 items in this instrument. In Appendix A, the nomenclature used to identify each of the items making up the measuring instrument is shown. Following this, the assessment instrument was pre-tested through interviews with assessors selecting suppliers of plastic components with a small sample of companies, which showed a coefficient of Cronbach's Alpha range of .863 (acceptable) as proof of reliability of measurement scales.

Table 2 – Sample characteristics

Identification	Percent of total sample
Size of the company:	
Large	53%
Median	32%
Small	10%
Micro	5%
Origin of the company:	
Mexican	47%
American	10%
European	43%
Level of supply:	
Assembler	42%
Tier 1	53%
Tier 2	5%
Types of products offered to the clients:	
High precision	68 %
Medium precision	11%
Lowprecision	21%

Table 3 shows the descriptive statistics of all items included in the measurement instrument is shown. Where the highest average corresponds to those products that must comply with the specifications, as it is considered more highly important, very little value exceeds the price of the product. It is also noted in the table, the attributes related to product quality and logistics have some relationship importance, however, all items related to the care of the environment are evaluated

between minor, inferior even to the availability of inventory information immediately and also more important is the availability of logistics systems.

It can be seen in Table 3, that there is a large gap between the highest average Q4 (product specifications), E1 (price), Q5 (harmless), L13 (not send wrong) and the average for the greening criteria, as well as knowledge of Key Performance Indicators logistics (KPI). This gap shows in general that these industries more interested in product quality and price, the impact they can have their suppliers on the environment. Similarly shows that E1 (price) and L9 (delivery time) are the criteria they have an answer to a normal distribution, as their kurtosis values are very close to the value 3. Also, it is observed according to the values the kurtosis, there is a sharp bend in the distribution of the items corresponding to L10 (delivered on time) and L14 (delays notice), which means that there was more concentration data.

Table 3 – Descriptive Statistics

Position	Item	Sum	Mean	Std. Deviation	Variance	Kurtosis
1	Q4	92	4.84	0.375	0.140	2.410
2	E1	89	4.68	0.671	0.450	2.811
3	Q5	88	4.63	0.684	0.468	1.713
4	L13	88	4.63	0.597	0.357	1.380
5	L11	87	4.58	0.507	0.257	-2.115
6	L10	87	4.58	0.838	0.702	4.500
7	Q18	87	4.58	0.607	0.368	0.582
8	Q3	85	4.47	0.697	0.485	-0.088
9	L14	84	4.42	1.017	1.035	6.754
10	F16	82	4.32	0.885	0.784	-1.371
11	L9	79	4.16	1.068	1.140	2.954
12	F15	79	4.16	1.119	1.251	-0.794
13	F17	79	4.16	1.068	1.140	-1.305
14	I20	79	4.16	0.958	0.918	-0.498
15	E7	76	4.00	1.491	2.222	0.450
16	E2	75	3.95	1.079	1.164	-0.516
17	L6	74	3.89	1.286	1.655	-0.400
18	L8	74	3.89	1.410	1.988	-0.220
19	Q21	72	3.79	1.398	1.953	-1.098
20	I19	69	3.63	1.212	1.468	-1.519
21	L12	64	3.37	1.770	3.135	-1.630
22	G26	56	2.95	1.682	2.830	-1.807
23	G25	51	2.68	1.455	2.117	-1.470
24	G23	48	2.53	1.541	2.374	-1.303
25	G22	46	2.42	1.387	1.924	-1.389
26	G24	46	2.42	1.610	2.591	-1.395
27	L27	37	1.95	1.508	2.275	-0.242

An analysis of factors made the criteria is shown with traditions, which met with KMO (Kaiser Meyer Olkin test) sampling adequacy test of 0.800, which indicates good strength and adequacy of the solution to find (de la Garza-Garcia et al. 2013).

The loadings or eigenvalues of the rotated factors, as well as the resulting commonalities, are show in Table 4. High eigenvalues for one factor (the variable has high influence on the factor) and low loadings for the other one simplify the interpretation: in the traditional approach, the factor 1 (component) is explained by the electronic invoice, product warranty, emergency orders, immediate delivery, and duration of delivery and that the delivery is correct. Factor 2 explains that the products are free from damage, action on complaints, the delivery date and the exact amount is met. And finally, the supplier may have ISO certifications, corresponding to factor 3. Furthermore, the communalities show every criterion that is represented at a level of 83.39 per cent at least of its overall variance.

Factor analysis of survey responses eliminates the criterion of product specifications (Q4) and price (E1), which were both lower in the variance and kurtosis as the closest to a higher average values, normal distribution. This possibly criteria always required by the evaluator.

Table 4 – Loadings of rotated factors of traditional criteria

Item	Component or factor			Commonality
	1	2	3	
E7	.758	.463	-.150	.811
Q3	.706	.520	-.236	.824
Q5	.351	.852	.250	.912
Q18	.191	.886	.129	.838
Q21	-.061	-.205	-.880	.820
L6	.877	.228	.340	.936
L8	.809	.331	.198	.803
L9	.856	.177	.311	.861
L10	.451	.806	.066	.858
L11	.364	.612	.343	.625
L13	.831	.412	-.154	.884

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 6 iterations.

Following factor analysis done now emerging criteria, this had a 0.734 KMO value (acceptable sampling adequacy) and a representation of the total variance of 73.368%. The loads or eigenvalues of the two components are extracted from the first factor, the ability to respond to changes in orders, change orders and to produce various products, all of these classified as "flexible". The second factor or component correspond

only two Green criteria; transport must not exceed the limit greenhouse gas emissions and the use of recycled material.

Table 5 – Loadings of rotated factors of emerging criteria

ítem	Component or factor		Commonality
	1	2	
F15	.881	.030	.777
F16	.862	-.330	.852
F17	.889	-.348	.912
I19	.581	.213	.382
I20	.863	-.241	.803
G23	.518	.653	.694
G25	.432	.727	.716

4. CONCLUSIONS

In this analysis the main intention was to investigate the importance of suppliers selectors give flexible criteria, information and sustainability. Since it is necessary to identify other members of the supply chain involving plastic by stimulating the selection of suppliers to raise awareness and involvement in sustainable terms, as well as already mentioned above, try to identify if considered important assessors issues of flexibility and immediate access to information to select their suppliers.

As a general conclusion, we have to factor analysis has excluded issues such as certification in Environmental Management Systems, to transportation programs not empty returns and use friendly packaging care environment. But if the leaders of supply chains promote these environmental responsibilities among members of its supply chain, the detrimental effect on the environment would decrease dramatically.

Therefore it is concluded again that at present economic and logistical issues to more importantly, the prevention of pollution. Item will be served only until the future shortages of raw materials are present.

This research suggests following diagnosing the leaders uncommitted supply chains give their suppliers in favor of protecting the environment. This work could continue studying strategies that encourage providers to develop procedures for self-evaluation of green metrics.

REFERENCES

- Bhutta, K. S., and Huq, F. (2002). Supplier selection problem: a comparison of the total cost of ownership and analytic hierarchy process approaches. *Supply Chain Management: an International Journal*, volume (7), 126-135.
- Chan, F.T.S. (2004). Interactive selection model for supplier selection process: an analytical hierarchy process approach.

- International Journal of Production Research*, volume (41), 3549-3579.
- Chan, F.T.S., and Chan, H.K. (2010). An AHP model for selection of suppliers in the fast changing fashion market. *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, volume (51), 1195-1207.
- De la Garza-García, J., Morales-Serrano, B.N., and Gonzáles-Cavazos, B.A. (2013). Multivariate Statistical Analysis. *Mc Graw Hill*, México.
- Felix, T. S. C., Kumar, N., Tiwari, M.K., Lau, H.C.W. and Choy K.L. (2008). Global supplier selection: a fuzzy-AHP approach. *International Journal of Production Research*, volume (46), 3825-3857.
- Goffin, K., Szwajkowski, M., and New, C. (1997). Managing suppliers: When fewer can mean more. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, volume (27), 422-436.
- Hassini, E., Surti, C., and Searcy, C., 2012. A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics. *International Journal of Production Economics*, 140, 69-82.
- Kokangul, A. and Susuz, Z. (2009). Integrated analytical hierarchy process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount. *Applied Mathematical Modelling*, volume (33), 1417-1429.
- Kumar-Kar, A., and Pani, A. K. (2014). Exploring the importance of different supplier selection criteria. *Management Research Review*, volume (37), 89-105.
- Lasch, R., and Janker, C. (2005). Supplier selection and controlling using multivariate analysis. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, volumen (35), 409-425.
- Li, G.D., Yamaguchi, D., and Nagai, M. (2008). A grey-based rough decision-making approach to supplier selection. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, volume (36), 1032-1040.
- Mafakheri, F., Breton, M., and Ghoniem, A. (2011). Supplier selection-order allocation: a two-stage multiple criteria dynamic programming approach. *International Journal of Production Economics*, volume (132), 52-57.
- Maron, B., and Brückner, J. (1998). Aktives Lieferantenmanagement. *Qualität und Zuverlässigkeit*, volumen (6), 718-722.
- Pitchipoo, P., Venkumar, P., & Rajakarunakaran, S. (2012). A distinct decision model for the evaluation and selection of a supplier for a chemical processing industry. *International Journal of Production Research*, volumen (50), 4635-4648.
- Qian, L. (2014). Market-bases supplier selection with price, delivery time, and service level dependent demand. *International Journal Production Economics*, volume (147), 697-706.
- Ramanathan, R. (2007). Supplier selection problem: integrating DEA with the approaches of total cost of ownership and AHP. *Supply Chain Management: an International Journal*, volume (12), 258-261.
- Reyes-Alcantar, M., and Bernabe-Loranca, M.B., (2014). Evolutionary model for the measurement of the logistics performance of non-transnational supplies. *Journal of Business and Economics*, volume (5), 484-501.
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process. *McGraw-Hill*. New York, U.S.A.
- Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytic process. *Interfaces*, volume (24), 9-26.
- Sen, C.G., Sen, S., and Başlıgil, H. (2010). Pre-selection of suppliers through an integrated fuzzy analytic hierarchy process and max-min methodology. *International Journal of Production Research*, volume (48), 1603-1625.
- Sevklı, M., Lenny-Koh, S.C., Zaim, S., Demirbag, M., and Tatoglu, E. (2007). An application of data envelopment analytic hierarchy process for supplier selection: a case study for Beko in Turkey. *International Journal of Production Research*, volume (45), 1973-2005.
- Tsai, C.H., Chang, C.L., and Chen, L., (2003). Applying grey relational analysis to the vendor evaluation model. *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, volume (11), 45-53.
- Yang, C.C., and Chen, B.S. (2006). Supplier selection using combined analytical hierarchy process and grey relational analysis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, volume 17, 926-941.

Appendix A. ITEMS CODE

Criteria	Code	To choose their suppliers of plastic component, show important is...
Economics	E1	the price?
	E2	the payment form (credit/cash)?
	E7	the invoice is electronics?
Quality	Q3	the product warranty?
	Q4	compliance with product specifications?
	Q5	this harmless?
	Q18	actions on complaints?
	Q21	certification in Quality Management Systems ISO 9001 / TS 16949?
Logistics	L6	it delivered at your facility?
	L8	immediate delivery?
	L9	duration of delivery?
	L10	that delivery is on the agreed date?
	L11	send the exact amount?
	L12	but sent after the one hand, comply with the date of the other party?
	L13	do not send wrong products
	L14	to warn early delayed shipments?
	L27	knowledge of KPI (Key Performance Indicators) logistics?
Flexibility	F15	the ability to respond to changes in orders?
	F16	the ability to expedite emergency orders?
	F17	the ability to produce various new products?
Information	I19	availability of logistic systems?
	I20	information on the availability of immediate inventory?
Greening	G22	Certification in Environmental Management System?
	G23	that transport does not exceed the limits of greenhouse gas emissions?
	G24	participation in programs of "empty return" (no empty returns)?
	G25	the use of recycled materials?

Evolutionary Model for the Measurement of the Logistics Performance of Non-transnational Suppliers

Marisol Reyes Alcantar¹, María Beatriz Bernabé Loranca²

(1. UPAEP & Universidad Tecnológica de Puebla, México; 2. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México)

Abstract: Given the wide variety and complexity to select evaluation metrics of the logistics performance those allow organizations to monitor their own advance towards the improvement of their activities, storage and delivery of finished products supply. In this work we present a scaler model for its application in systems of logistics performance measurement in tier supplier, non-transnational and small and Medium Enterprises. This model suggests the application of logistical metrics by stages, in an evolutionary way, going up from one state to another gradually, moving the conduct, the purpose and the attitude towards the application of metrics. Each one of the metrics indicates another set of metrics with determined pertinent qualities to the stage of evolution to which they are parallel to activities to be extended in each one of the stages. A revision of the literature to identify pertinent logistical metrics in each stage has been necessary for the proposal of the model.

Key words: performance measurement systems logistics; metric logistic; sustainable supply chain

JEL codes: M11, M14, L14, L16

1. Introduction

Since two decades ago, the organizations have started to consider the concept of supply chain to get a competitive advantage. Knowles et al. (2005), mention that the performance of the supply chain is a very important topic in organizations nowadays and that has been much activity within the academic and industrial circles destined to the generation of improvements in this matter. Also, Gunasekaran et al. (2001) acknowledge that there have been many efforts over diverse aspects and areas of SCM, but until recently attention has been paid to the performance, and its corresponding metrics.

To evaluate the performance of the supply chains performance measurement systems have been designed, focused to the inside and outside of each of the organizations that form the supply chains, a topic noted by many authors according to Knowles et al. (2005), who also tells us that the measurement of the logistics performance plays an important role in the quality and the improvement of the productivity.

At present we can see that many providers have different ranks of logistical metrics utilization to evaluate the performance of participation within its supply chains. Many organizations are willing to initiate changes in their

Marisol Reyes Alcantar, Ph.D. Student of Logistical and Management Supply Chain at the UPAEP-Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla and professor at the Universidad Tecnológica de Puebla; research areas: logistics performance measurement. E-mail: marisolreyesalcantar@gmail.com.

María Beatriz Bernabé Loranca, Ph.D. in Computer Science, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; research areas: combinatorial optimization, territorial design and multiobjective techniques. E-mail: beatriz.bernabe@gmail.com.

organizations, but they don't know where to start these changes. Bhagwat & Shama (2007), comment that "the enterprises that are in troubles to identify what measurement is the most important to follow an order and achieve the improvement of the logistics performance". On the other hand, Beamon (1999), says that the great amount of performance measures, makes hard the selection of these.

About the progress of the measurement of the logistics performance, Novack & Thomas (2004) show how it has evolved from an approach of individual measurements of functionality oriented to distribution costs (internal approach) to an emphasis of multiple measurements of process oriented to logistics costs and services output (external approach). But the author explains that the current challenge is what to measure. Therefore, this author says, that the following evolution step is to unite the performance to another success indicator, both internal and external. Another problem with the metrics of performance measurement, as Beamon (1999) says the performance measurement systems are insufficient because they are based in a great level in the use of the cost as key element and they aren't pertinent with the objectives and strategies of the organization and they don't take into account the effects of the uncertainty in a future (flexibility).

On the other hand, there haven't been found in the literature performance measurement systems implantation procedures for first and second level providers of the supply chains in general, on the other hand Subramani (2004), says that "most of the studies done, have examined the benefits for the network leaders, but little attention has been paid to the providing enterprises". To face this situation a logistical metrics implantation model is presented to allow the organizations that have started or that have the intention to increase their internal efficiency, Technological Innovation and later to be prepared for the next regulations that will be mandatory in a near future due to the scarcity of raw material resources and the care of the environment.

The framework of the article is formed in its second section, by a review of the literature of the necessities for the metrics of the supply chains and the different descriptions of metric that have been proposed by several authors are presented. In a third section the Needs Evolutionary Model for the measurement of the logistics performance in first level providers of the Small and Medium Enterprises (SMEs) is exposed. Finally, the conclusions and future work is presented.

2. Literature Review of the Logistical Metrics

Several authors have classified and defined the great variety of metrics related with the activities of supply and logistics (Lambert & Harrington, 1989; Neely et al., 1995; Beamon, 1999; Gunasekaran et al., 2001; Chan, 2003; Gunasekaran et al., 2004; Bask & Kuula, 2010; Hassini et al., 2012). However, one of the most distinguished classifications has been the one by Novack & Thomas (2004), who build a logistics performance measurement matrix using three areas of importance: (1) Importance of the client, (2) Performance of the company, (3) Improvement cost/time. Their idea was to let the companies to identify those areas of logistics performance where they should improve, meanwhile the cost/time elements were resources that are needed to be spent to improve the service. Later in 1999, Beamon defines that the strategic objectives involve key elements that include the measurement of the resources, productivity and flexibility. Resources Measures (generally the cost) and output measures (generally the response of the client) have been widely used in the models of supply chain. Therefore, according to Beamon, a supply chain of the measurement system must put emphasis in three different types of measures: resources performance measures (R, high level of efficiency), the output measures (O), and the flexibility measures (F). Each one of these types of performance measures has different objectives.

Metrics are described below, classified in accordance to the reliability to be proven, the profitability of the use of

the resources, the adaptation to changes through flexibility and to the recent interest in the sustainable development.

Table 1 The Logistical Metrics Related to Reliability

Metrics	Authors	Detection
Fill Rate	Beamon (1999) and Chan (2003)	They say that it is the proportion of orders filled immediately, this is, the percentage it has achieved with respect to the goal.
Backorder/ Stockout	Beamon (1999) and Chan (2003)	Calculate the backorders as the number of pending articles to be delivered due to the missing existences. Beamon (1999) also calculates the number of shortage, with the number of required products that are out of stock.
Stock out Probability	Beamon (1999)	For her, it is that the probability of out of stock.
	Chan (2003)	Whereas for he, it is the instant probability that a requested item isn't available.
On Time Delivery	Beamon (1999)	Says that the orders delivered on time can be evaluated in diverse ways. The first, called delayed products can be calculated deducting the date of delivery minus the expiration date; The average of delayed orders, is calculated adding the delayed orders and dividing them over the number of orders;
	Chan (2003)	For him, that is the percentage of on time orders can be calculated by adding the orders delivered on or before the expiration date.
	Gunasekaran et al. (2004)	According to them, it is the percentage of delivered orders on or before the expiration date. They are only the on time deliveries of products.
Lead Time	Beamon (1999)	She defines it as the waiting time required to deliver a determined product and calculates this metric as the amount of time between the solicitude of an order and its corresponding delivery.
	Gunasekaran et al. (2001)	Mentioned that in order to no reduce the reliability as provider and to don't decrease the client service level, it must be consistency in the delivery time. These authors say that the lack of consistency in the delivery time is due to bottlenecks, inefficient processes and fluctuations in the volume of orders handled.
Order Cycle Time	Gunasekaran et al. (2001)	Is one of the metrics needed to reduce the time of response of the supply chain, because it is an important source of competitive advantage and influence directly in the satisfaction of the clients and a reduction in the order cycle time leads to a reduction in the SC response time.
	Beamon (1999)	She defines it as the amount of time required to produce a particular product or a lot.
	Chan (2003)	Widens the definition as the time required once the product started its fabrication until the moment is processed completely.
Accuracy	Chan (2003)	He defines it as the percentage of exact products delivered to the clients.
	Gunasekaran et al. 2004	It is the reliable performance of the delivery.
Exchange of Information	Gunasekaran et al. (2001)	Tell us that just as other activities, the delivery depends heavily on the quality of the information exchanged. For example, once the activities are programmed, the continuous supervision is possible based on the obtained information as well as the information given through the channels of distribution. Therefore, the quality and the form in that the information is presented determine the delivery performance and can be used to measure and improve the performance.
Invoice	Gunasekaran et al. (2004)	The number of invoiced notes without failures in the delivery, they reflect client satisfaction This same author tells us that the invoice indicates the date of delivery, the time and the conditions in which the goods were received. By means of the comparison of these with the previous agreement, it can be determined if a perfect delivery has been made or not. Furthermore, the areas of discrepancy can be identified and thus achieve improvements in the delivery performance.
	Cooke (2001)	Presents the results of and study made to 350 enterprises, and mentions that 48% of these enterprises don't do a precise monitoring of the invoice. Furthermore in this study the author advices that the companies must begin with only one metric: the fulfillment of filled up orders, because this joins the client and the provider directly.
Perfect Delivery	Cooke (2001)	He presented the description of a perfect delivery; he also defines it as "the correct amount of correct product delivered on time, free of damage, with exactitude in the invoice". According to this author, it must be used as a control device with the key clients.
	Novack & Thomas (2004)	Present the challenges of implementing the concept of perfect delivery.

Note: This table introduces the logistic performance metrics that have the quality or attribute of reliability highlighted by several authors. Source: Authors.

Table 2 The Logistical Metrics Related to Profitability

Metrics	Authors	Detection
The Costs and the Service	Novack & Thomas (2004)	About the relationship of the cost and the expected impact on the service, they say that the enterprises are more apt to measure the costs of the proportioned service; also they would rather measure the logistics cost than the impact on the results states, although they mention as well that some organizations have started to associate the logistics service level with the financial results and that the world class companies aren't focused only in the internal performance (cost oriented) but to the external performance as well (client approach). But before starting, these authors recommend us that the companies must at first be capable of measuring their own costs before measuring the service, when they design a comprehensive logistics performance measurement system.
Distribution Cost	Gunasekaran et al. (2001)	Say that the cost is, maybe, the most important research about logistics. Therefore it needs a deep knowledge and a good evaluation of the performance of the total costs of distribution, furthermore these authors mention that with a rise in the number of deposits, the effects on the distribution costs can be estimated.
	Chan (2003)	Adds to this cost the transport cost, the handling cost and the safety stock cost.
Cost of Transport	Gunasekaran et al. (2001)	Mention that the single largest cost component of logistics is the transportation cost, often comprising half of the total logistics costs.
	Rushton and Oxley (1991)	Show that the trucking cost is always the highest among all costs of total distribution cost. In a physical distribution channel, the total transport cost can be treated as trucking cost plus local delivery cost.
Inventory Costs	Beamon (1999)	Mentions that the inventory cost can be associated with the obsolescence, work in progress and finished products.
	Gunasekaran et al. (2001)	They point that the inventory is where the biggest cost is hidden in most of the businesses nowadays and increases certain costs associated with the inventory. Some of them are the costs of the services such as values and insurances, opportunity costs, handling costs, damage or thief risks costs, costs associated to waste and rework, and others associated by the scarcity of inventory accounting for the losses of sales/loses of production. All of these without a doubt are costs that increase due to high levels of inventory, which frequently have little inventory rotation
Inventory Rotation	Gunasekaran et al. (2001)	Comment that a higher inventory percentage means under Inventory Rotation, which leads to an unnecessary increment in the immobilized capital. Later these authors explain that several factors can be attributed to this, such as the vehicle speed, the driver reliability, the delivery frequency, the storages location. A higher efficiency in these areas can very well lead to a decrease of the inventory levels.
	Lambert & Pohlen (2001)	Although the inventory rotation is an internal metric adequate to evaluate the inventory levels within an organization, they say that it could be inadequate to evaluate the performance of the whole supply chain with this metric, since it doesn't consider the risk of changes in the flows.
Cash to Cash of the Inventory	Kumar et al. (2011)	Informed that the 66% of the cash to cash improvements were due to the reduction of inventory days. The formula cash to cash adds to the inventory the accounts to charge and then deduct the accounts to pay (cash to cash = inventory + accounts to charge – accounts to pay). Accountably, an inventory must be registered as accounts to pay, and an account to charge must not be displaced whereas it hasn't been sold.
Work in Process	Gunasekaran et al. (2001)	Mention that in a supply chain, the inventories go from raw materials, subassemblies, finished products and transit kept inventories, traditionally called production shock-absorbers to deal with the uncertainty. These authors also mention that it is essential to find adequate trade-off for the on-transit inventories, since changing the way of transport can affect the inventories investment and the service performance, being able that a faster way of shipment, although more expensive, reduces in a significant way the inventories investment.
Costs of Inventory Handling	Lambert & Pohlen (2001)	Think that the costs of carrying the inventory can be improved by pushing the inventory backwards on the supply chain, to the point of origin. In the same way, this author mentions that this cost diminish when the sales information point is used to program shipments, instead of foretelling the requirements and keeping the safety inventory.
Picking	Lambert & Pohlen (2001)	Think that a storekeeper or a specialist in picking or order filler perhaps can't make the order picking and the exactitude of the picking more efficient. But these authors suggest that they can focus in reducing the picking time, whereas the productivity increases and the costs are reduced in each order. Furthermore, by reducing the mistakes in the order picking, results in a faster invoicing of the order and reduces the cost of returned products.

Note: This table introduces the logistic performance metrics that have the quality of profitability highlighted by several authors.
Source: Authors.

2.1 Set of Logistical Metrics with Reliability

These group of metrics related to the reliability, will have characteristics that will distinguish them from the other groups, due to the fact that their essence will be to show confidence and give good results to the users of the next link in the chain. They will be the metrics that perceive the leader of the supply chain, usually, the transnational assembly industry; they are those metrics that allow the provider to show its capacity to meet with the expectative of its clients. Beamon (1999) defines them as the output metrics related to the logistic performance, which are perceived by the next client of the link of the chain. These metrics even though they seem they are of individual characteristic, as Beamon mentions, usually they must be related with the organizational strategic goals. Table 1 show some of the metrics associated with the quality or attribute of reliability, the authors also are mentioned, and the detection made by each one of them in every of the metric.

2.2 Set of Logistical Metrics with Profitability

The characteristics of this group of profitability metrics are all of those metrics that allow proving that a profit is being produced by the company. It should be noted that some of these metrics measure the cost reductions, considering that the utility and the value for the investors is incremented like this, just as it's mentioned by Lambert & Pohlen (2001). Beamon (1999) proposes for the measurement of the performance the use of the supply chain: resources cost, distribution, fabrication, and inventory management. In Table 2 the metrics related to profitability are presented.

2.3 The Flexibility in the Logistical Metrics

According to the Royal Spanish Academy, being flexible is being susceptible to changes or variations depending on the circumstances or needs. The application of this quality on the metrics Gunasekaran et al. (2001) relate it as putting available the products/services to satisfy the individual demand of the clients. Therefore to this author, by defining the flexibility as a metric and its evaluation, the enterprises can achieve what it used to be impossible: the quickest response to the individual needs of the clients. This has been possible, according to Gunasekaran, as a result of the development of technologies such as:

- The Flexible Manufacture Systems (FMS) of the Group of Technology (GT) and Computer Integrated Manufacture (CIM);
- The Single-Minute Exchange of Die (SMED);
- The Information Technologies (IT) and the Communication Systems (CS), that provides information on line, and furthermore the quick response of the control system.

The flexibility that these systems impart counts with a high impact on the attraction of clients. Beamon (1999) only concerns these metrics with the changes adaptation. On the other hand, Kumar et al. (2011), say that the competence level in the organizations to attract clients in national and international markets must be quick, agile and flexible to compete in an effective way. But this author mentions that this level of flexibility can't be obtained without coordinating the distribution network of the supply chain with performance metrics appropriate, to the supply chain. For Beamon (1999), a general objective of the analysis of the supply chain is the minimization of resources. Although a minimum output level is often specified, the effect of reducing the resources in the flexibility of the supply chain isn't often considered. A supply chain can be reconfigured with reduced resources, whereas the current demand is satisfied, but these short term analyses don't take into account the dynamic nature of the demand. In this way, the author tells us, the resources are directly related with the output of the system and the flexibility performance. Gunasekaran (2001) says that the quick introduction of a product now depends considerably on the providers' reliability and the quickest response capability and this helps to evaluate the competitive level. Also this

author says that the way the orders go through is another important measure and the time of the different routes that the order takes can be taken and thus identify the activities that doesn't add value and delete them. Later, to Gunasekaran et al. (2004), being flexible signifies having the capability to provide products-services that meet the demands of the clients, furthermore says that the flexibility to respond to the needs of the clients is the key to produce value on the client. This author says that the measures that must include flexibility are: the cycle time for the development of new goods, the preparation time of the machines, the efficacy of the distribution planning programming. The study of relevance presented by this author in 2004 brought that the flexibility of the service system to attend the client's needs was the third place importance in the delivery performance measurement, being in first place the quality of the delivered goods, in second, the on-time deliveries of the products.

2.4 Flexibility in Information Exchange Systems

Chang et al. (2003), explain that a supply chain is composed by providers, manufactures, distributors and clients, and can consist of more than one scale in each level. Therefore, once a client wishes to change some specifications or the product design, it needs much time to transmit the final message to the supply chain, by which it is important to improve the quality of the information transfer by means of a more visible information exchange system. On the other hand, Gunasekaran (2001) comments that the role of information technology is changing, from being a passive management facilitator through data bases, to a highly advanced process handler that can control each activity and decide its own course. Dev et al. (2005) says that the information exchange is beneficial to reduce the wide inventory levels in the supply chain. About the information availability, Novack & Thomas (2004) say that the biggest obstacle to find internal and external Perfect Deliveries is to develop a structure for both measurements, just as the feedback time exchange to tax the details of transportation and to design a system that registers the changes of the original order. Once the delivery to the clients has been made, Novack mentions that many times they don't know immediately the result of the performance of the logistics process, and the variables such as the accuracy in the documentation and "on-time delivery" might not be captured for weeks or months after the order was delivered. This depends on how much and how often the perfect order rate is calculated and when the delivering company receives the logistics service quality information.

Electronic Data Exchange–EDI: Although it is common that the first level providers count with EDI programs, Chang et al. (2003), don't mention, if the direct transfer of any modification form one end to another, is feasible. It is well known that the EDI systems only allow the interaction of some information and not the necessary one to register the daily information that would allow the organizations a better control of their logistical activities. But it is necessary that the supply chains have the benefits of EDI Systems mentioned by McLeod (2002) as errors reduction, costs reduction (redundant steps, documentation elimination and paper distribution, order preparing), higher operative efficiency; higher capability to compete; better relationships with the commercial partners.

2.5 The Responsibility in Some Corporates

The Royal Spanish academy, defines responsibility as "the obligation to repair and satisfy, by itself or by another person, in consequence of a fault or another legal cause", another definition is "the moral duty that results to someone about the possible mistake in a determined issue"; and a different one is "the capability of the subject to acknowledge and deal with the consequences of and act done willingly". Due to this, in this article we refer to those metrics that allow the measurement of the capability of the organizations to recognize, accept, diminish and prevent the consequences of the waste generated since the supply, production, distribution, consumption and final stage of the useful life of the product.

Table 3 Selection of Metrics Relative to the Source of the Sustainable Supply Chain

Dimension	Aspect	Description
Economic	Market Presence	Politic, practices and expense providing corresponding to local providers in places where significant operations are developed. Indicate the factor that influence in the providers selection (e.g., cost, environmental and social performance), furthermore its geographical location. Direct economic value generated and distributed, including income, exploitation costs, employees' retribution, undistributed benefits and payments to capital providers and to governments. Employments dependent of the providers or distribution chains (e.g., evaluating the growth impacts or the contraction of the dimension of the organization over its providers)
Environmental	Materials	Materials used, by weight or volume. Percentage of used materials that are valued materials.
	Energy	Direct energy consumption broken down by primary sources. Indirect energy consumption broken down by primary sources.
	Biodiversity	Weight of the transported residues, imported, exported or treated that are considered dangerous according to the classification of the Basilea Agreement, Annex I, II, III, VIII and the percentage of international transported residues.
	Products and Services	Initiatives to mitigate the environmental impacts of the products, services and reduction rank of that impact. Percentage of sold products and their packing materials, which are retrieved at the end of their useful life, by products categories.
	Transport	Significant environmental impacts of products transport and other goods and materials used for the activities of the organization, and the personal transport as well.
Social	Investment and Supply Practices	Percentage of the main distributors and contractors that have been object of analysis in the matter of human rights, adopted measures as consequences.
	Human Rights	Significant identified operations and provider in which: The right to freedom of association and to embrace collective agreements may be violated or may take important risks. Carries a significant risk of incidents of child exploitation. Forced or mandatory labor.
Responsibility over products	Health and Safety of the Client	Specify for each of the following stages of the life cycle (Development of the product concept; I+D; Certification; Fabrication and production; Marketing and promotion; Storage, distribution and supply; Utilization and service; Elimination, reuse or recycling) if the impact over the health and safety of the products and services is subject to an evaluation process for its improvement. Indicate the percentage of significant products and service categories subject to such evaluation procedure. Number of total incidents derived from the breach of the legal regulation or of the volunteer codes relative to the impacts of the products and health services and safety during the life cycle, distribution in function of the kind of results of such incidents.
	Normative Fulfillment	Cost of those significant fines product of the breach of the normativity in relation with the supply and the use of products and services of the organization.

Source: Obtained from the Sustainable Memories Elaboration Guide, G3.1, Source: Global Reporting TM (2011).

With the purpose of surviving and being competitive in the market, the enterprises must be extended to CSR (Corporate Social Responsibility) through the supply chain (Lee & Kim, 2009) cited by Bask & Kuula (2010), who in addition reveal the necessity to develop the best practices of goods recovery through recycling in the enterprises and the reuse of materials and components. These enterprises perhaps wish to show its ethical, humanitarian or good side. But in Mexico, Cajiga (2012) says that, only the strengthen companies have turned to look the advantages and benefits that can bring to the society throughout their actions, for the common wellbeing of the society with diverse activities that range from economic, social development to the preservation of the environment, topic to be boarded in this section. According to Cajiga (2012), the Corporate Social Responsibility (CSR) is inherent to the enterprise, recently it has become a way of management and doing business, in which the enterprise care its operations to be sustainable, in the economic, social and environmental sense, acknowledging

as well, the interest of distinct groups related to it; he also says it is conscience and congruent compromise of entirely fulfilling the purpose of the enterprise, from the internal and external, showing respect to the people, the ethical values, the community and the environment, contributing in this way to the building of the common welfare. However, other authors (Hassini et al., 2012) define the CSR, as the ability to conduct businesses, with short term goals to keep the welfare of the company, the environment and the society.

The rank of responsibility can be classified in the Sustainable Development dimensions: economic, environmental and social, where each one of them has diverse aspects, which are broken down in diverse performance indicators. Cajiga (2012) tells us that different tools or CRS instruments that allow implementing socially responsible practices exist. One of them can be presented by the Global Report Initiative (GRI, 2011), which is a set of guides to elaborate a sustainability report. Table 3 presents only the indicator of sustainable performance related to the provision of the supply chains are mentioned. The G3.1 (2011) evaluates the influence, that is, the organization must consider its capability to influence in the upstream entities (for example, in its supply chain) just as in the downstream entities (for example, distributors and users of their products and services). About the collaboration of the chain members, Vachon and Klassen (2008), referred by Hassini et al. (2012), observe how the collaboration in the environment impacts the factories performance. They find that even though the upstream collaboration has clear benefits, the case is not evident for the clients, based on the collaboration. Therefore, Vachon and Klassen (2008) referred as well by Hassini et al. (2012) say that the strength of the supply chains links, depends on the environmental and social sustainability performance at country level. Table 3 presents a subtraction of aspects and dimensions of sustainable development connected with the activities of logistics and supply chain management.

2.6 The Competitive Advantage of the Sustainable Supply Chains

Bask & Kuula (2010) reveal the need to develop better practices in the goods recovery enterprises through the recycling and reuse of materials and components. Besides, with the goal to survive and being competitive in the market, the enterprises must extend CSR through the supply chain (Lee & Kim, 2009) referred as well by Bask & Kuula (2010) too. As well, Hassini et al. (2012) say that it is expected that the companies that emphasize the sustainability in their competitive advantages, could reflect it in each of the six conductors of the supply chain (transport-logistics, inventory, facilities, information, price and supply; areas defined by Chopra & Meindl, 2007). Another competitive advantage by implementing CSR standards is the reputation, according to what is mentioned by Bask & Kuula (2010), who as well say that being open in their operations and taking initiatives to develop a mutually beneficial association with providers, can be a valuable publicity asset. Contrary to the reputation, Hassini et al. (2012) tells us that due to the external pressure, there exist organism that can execute boycotts and negative marketing campaigns to embarrass the company in the offering of more sustainable products.

By trying to define the objectives of the sustainable supply chains, Hassini et al. (2012) mention that a conflictive challenge exist in the objectives, since it is very hard to satisfy at the same time the objectives of: maximizing the utilities of the supply chain, whereas at the same time minimizing the environmental impact and maximizing the social welfare. Bask & Kuula (2010), also find contradictory objectives by trying to define the concept of ecologic design, since they mention that the products, infrastructure and services, that require a minimum of resources, energy and surface to provide the wished benefit in the best possible way and, at the same time, minimize the pollution and the waste arisen during the whole life cycle of the product.

Bask & Kuula (2010) describe three sustainability dimensions: the first one, the sustainable product design; then, the sustainable supply and at last, the handling of the end of the life of the product. The metrics for the

Sustainable Products Design have their own objectives it: reduces the amount of resources used to fabricate the product, reducing the environmental impact provoked by the use of the product, reduce the amount of (unrecyclable) residues in the final phase of its useful life, reduce transportation, reduce the packing and increase the recyclable packing. This set of metrics also will be able to measure the prevention of the raw materials shortage (Bask & Kuula, 2010). Finally, the authors formulate the following questions: What are the providers doing to prevent the shortage of any important raw material in their products? How to measure the acknowledgement and acceptance of the consequences that their products aren't produced with unrecyclable materials?

2.7 The Legislation and Sustainable Supply Chains

The enterprises also deal each time with a greater number of restrictions from the national legislation and the international norms in matter of environment according to Lee & Kim (2009) referenced by Bask & Kuula (2010). This author also tells us, that the new legislation and volunteer norms are introduced to guarantee that the enterprises are responsible of their impact over the environment and the society. Some of these known norms mentioned by Bask, are from the family of norms of Quality Management Systems — ISO 9000, the norm ISO 14000 is focused in the care of environment and the norm 14001, provides costs savings through the reduction of residues and the more efficient use of electricity, water and gas; the directive RoHS (Restriction of Hazardous Substances) in electric and electronic devices, was adopted in February 2003 by the European Union; the directive WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment), which pretends to promote the recycling and the reuse and recovery of residues from these equipment to reduce pollution (Directive 2002/96/EC, 2003).

Lee & Kim (2009) referred by Bask & Kuula (2010) mention that communicating this explanation giving to the interested parts can generate confidence and thus, the authors mention, the enterprises show their will to assume responsibilities and move towards CSR. Hassini et al. (2012), find a positive relationship between the financial performance and the sustainable practices. Furthermore, they mention that it seems that this correlation is strengthened with the presence of governmental incentives. In conjunction Hassini mentions that the associations with governmental and no-governmental organizations are important to achieve the transparency in the information and measurement. But they are needed environmental practices for securing the association with providers, could be the tracking audits and the training in reference to assure environmental practices, which proves, according to Bask & Kuula (2010), the level of commitment of the enterprise with the coordination of the supply chain and increase the transparency in the supply chain. Penetrating this topic, Bask & Kuula (2010) give similar recommendations and examples are presented about how the enterprises are working in conjunction with their providers to reduce the environmental impacts. However, the conjunction needs associations for sharing information with suppliers, to guarantee that dangerous substances won't be used in their components, this must be according to Bask & Kuula (2010), a metric that guarantees the transparency of the supply chain, on the contrary, it would be a risk for the enterprise the absence of transparency in the sustainable supply, explains the author. Bask, mentions again that the control of these substances presents challenges to the enterprises that supply materials and components of other areas of the markets in which they operate. Therefore they point out that, it is important for an enterprise to keep their providers updated in the requirements of the different objective market areas. Furthermore they suggest that the enterprises must work towards the creation of a mutual opening environment by working together through the supply chain with their mentioning that the cooperation is essential to try to reduce the use of materials, resources and the levels of waste.

3. Evolutionary Model for the Measurement of the Logistics Performance of Non-transnational Suppliers

In this article when we talk about needs, we understand that they are lacks that the current performance measurement systems have for their easy implementation, some of these areas need soon help, since it is impossible to evolve if basic supply supports aren't created. The reason of why evolutionary model of needs for the measurement of the logistics performance is directed to first and second level providers that supply the OEMs (Original Equipment Manufacturers). Specifically the needs of those "providers of the great leaders, that doesn't have the same benefits of the leaders. For example, when programs are created to give quick response to the manufacture of automobiles frequent deliveries are created, which incur in high inventory expenses management to the providers" (Subramani, 2004).

3.1 Representation of Stages

Each one of the stages must select the most suitable metrics to the system, but it must not be forgotten that they must have the characteristics of the effective measurement systems suggested by Beamon (1999): These characteristics include: inclusiveness (measurement of all the pertinent aspects), universality (allowing the comparison under different operation conditions), measurability (the required data are measurable) and consistency (measures compatible with the organization's goals).

The inspiration of the model is based on the needs pyramid of Maslow (1943), since according to this author, the human being has certain needs that could be able to be satisfied once a previous need is satisfied, is like this that in that scale of needs, it starts with basic needs such as the *physiological*: breathing, feeding, rest, etc.; just until this needs are covered, the ones of the next level will be able to be satisfied such as the *safety needs*, later the needs of *affiliation*, *acknowledgement* and *self-fulfillment*. For this reason this model, shown in Figure 1, is based on the hierarchy of needs, described below:

- The first metrics must have the attribute of *Reliability* in the metrics that the provider must fulfill. Then, in order for a company that wishes to show reliability, it must first create a culture of logistics metrics acceptance among its personal, we'll call this stage *Culturization*.
- Once that a way of life is created and the habit of measurement in every activity, a second stage will be able to be recognized, a set of knowledge will be able to exist that allowing the organization the *Logistic Resources Measurement*, identifying the financial and not financial benefits proposed by Gunasekaran et al. (2001). It must be noted that in this model is proposed to cover the basic logistic not financial metrics in the first stage of reliability. The set of metrics for the stage of logistic resources measurement must have the *Profitability* attribute, this is, performance indicators that allow measuring economically the logistic operations.
- The third stage called *Technology Innovation Adaptation* will be able to be measured by the *Flexibility* (metrics attribute) that the organization has to adapt to sudden environment changes (Beamon, 1999). This stage has this name, because in order for an organization to quickly respond to the needs of their clients, it must have a certain degree of adaptation to technological innovation to be able to respond to the requirements of the client quickly.
- The last stage of the needs for the performance measurement is the *Sustainability*, Hassini et al. (2012), defines the sustainable business as the ability to conduct businesses with long term goals to maintain the welfare of the company, the environment and the society. The set of metrics for this stage has the attribute of *Responsibility*, given that, beyond the legal obligations, these metrics need to guarantee the care of the environment through the sustainable supply. The providers must consider the anticipated preparation to deal with

the pressures of preserving the environment, because in a not so distant day, when the natural resources scarce, this will be the production system.

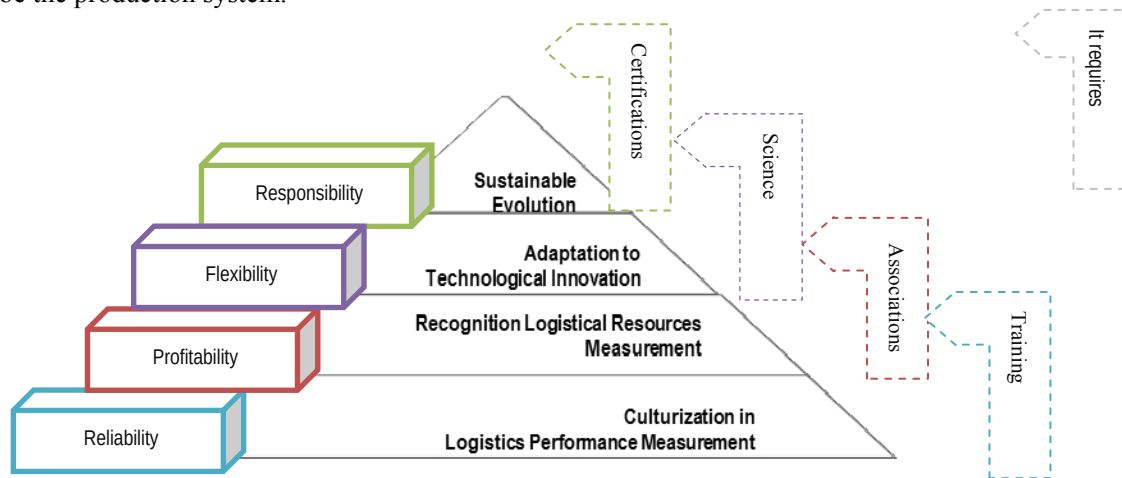


Figure 1 Evolutionary Model for the Measurement Logistics Performance of Non-transnational Suppliers

Note: This figure shows an evolutionary model for measuring logistics performance of non-transnational supplier or Small y Medium Enterprise's. This model suggests the application of logistical metrics by stages, in an evolutionary way, escalating from one state to another gradually, moving the behavior, the purpose and the attitude towards the application of metrics. Each one of the metrics indicates another set of metrics with determined pertinent qualities to the stage of evolution to which they are parallel to activities extended in each one of the stages. Source: Authors.

4. Culturization Stage

The initial stage of this model named Culturization, is defined as the phase where the personal involved is educated to include a measurement culture in the related areas to the logistics of an organization. In the manufacturing industries it is very acceptable the measurement in the tangible productive processes that add value to the product and in the quality inspection of the same; however, there is little habit about the intangible logistics operations related to the activities mentioned by Christopher (1992): the procedures of orders, purchases, inventory management, picking, packing, shipment, invoicing and transport processing, etc.

4.1 Problems for the Acceptance of Logistics Measurement Systems

It is very common that the personal of several organizations put resistance to change, especially to the implantation of new measurement systems, just as Davis & Newstrom (2004) mention it, "the employees aren't convinced that it is necessary", or possibly, "because they put in risk their safety needs, social interaction, status, competence or self-esteem". Other reasons are "the comfort of the certainty, fear of the unknown, lack of information, insensibility, authoritarianism and at last inequality".

Although many manufactures try to keep the client service satisfaction, many of them lack the knowledge to the development of efficient performance measures and metrics needed to achieve a totally integrated supply chain (Gunasekaran et al., 2001). For Beamon (1999), it is a difficult activity to select the metrics of the measurement system, since the following questions arise: What to measure? How are the multiple individual measures within a measurement system integrated? How frequently to measure? How and when are the measures reevaluated? Although it can be hard to choose the individual performance measures, is vital that in this stage the performance measures be related to the organization's strategic objectives (Beamon, 1999).

Table 4 Proposed Indicators to Measure the Reliability of Supplier

Metric	Impact on the customer	Calculation
% Fill Rate (FR)	It covers the need to immediately filling the number of orders required by the customer	% FR = [Number of Orders immediately delivered in a time period / number of orders required by customers in a time period] * 100
% On Time Delivery (OTD)	Determines supplier's ability to deliver on time the customer requirements.	% OTD = [Number of Orders delivered before o in time, in a time period / number of orders required by customers in a time period] * 100
Lead Time (LT)	Time wanted for a client to receive their product	LT = Is the addition of amount of time since entering the request of a customer order to delivery accordingly.
Cycle Time of the Order (CTO)	Improving this metric can reduce the time response of the supply chain.	CTO = The amount of time required to supply, produce, picking and delivering a product or batch.
Backorders (BO)	Customer dissatisfaction is not to deliver their requirements on time.	BO = The number of non-delivered or pending deliver because the lack of existence in a certain period of time.
% Invoiced Deliveries Without Failure (IDWF)	It is customer satisfaction by invoices delivered without mistakes	% IDWF = [This is the number of customer invoices delivered without failure in a period of time / number of deliveries in a period of time] * 100
% Perfect Order (PO)	It is total customer satisfaction without failure deliveries.	% PO = [Number of orders delivered on time, with quantity and correct product, free from damage and without errors in invoicing in a time period / number of orders delivered in a time period] * 100

Note: These metrics to measure the performance of the orders are delivered immediately, on time deliveries, the lead time, the cycle time of each order, the number of items not delivered yet and the percentage of perfect orders. Source: authors.

Table 5 Recommendations to Achieve the Training in the Supply Chain

Activities	what say the researchers
To make a diagnosis	To know the intensity of performance metrics knowledge in all of the activities of the enterprise, and thus detect the need for knowledge about metrics related to the logistics activities. To measure the intensity of Culturalization towards metrics.
To elaborate a measurement instrument	To know the administration abilities of change towards the logistics performance systems.
To build a program about the training	To use and the benefits of each metric that will be used in each evolutionary stage of the implantation of metrics related to the internal and external supply.
Organize a recognition system	Without forgetting that the employees will work harder when they perceive that a personal credit will be given to them due to their efforts, a barely moderate failure risks exists and specific feedback about their performance is given to them (Davis & Newstrom, 2003), therefore a rewards system must be designed to acknowledge the effort of the employees to the new measurement systems.
Identify resistance to change	Davis & Newstrom (2003) also recommend that to beat the resistance to change to recognize the difficulties that the employees have to let go the old methods; the inherent uncertainty to the changes that cause fear; to help the employees to have a wider focus; stimulate the employees to act and finally to try creating organizations that learn, in other words, promoting the capability of the people to learn about the change experience.

Note: These are some recommendations to achieve a culture of acceptance of new performance measurement systems, note that it is suggested to implement some activities were suggesting by Davis & Newstrom (2003) to overcome the resistance to change.

Source: authors

4.2 Attribute of Logistics Metrics: Reliability

In the results of this set of metrics the first level provider's output will be reflected, just as it is proposed by Beamon (1999), this goal will have as end generating high level client service. Its purpose is that, if the output isn't acceptable, the clients will recur to another supply chain.

Several first and second level providers participate in the solid supply chains, oriented to the use of logistics metrics to keep their stability. The linkage logistics metrics between these links, limit themselves only to the fulfillment of the order (Fill Rate) and to deliver on time these orders (on-time delivery), without forgetting of

course the product quality. These providers are focused in few metrics that are perceived directly by their immediate client, but doesn't know which ones are the internal logistics metrics that could guarantee the logistics performance of their link in the chain.

Several organizations cover their lack of interest in reducing the total times of the order cycle, which haven't calculated or don't know why they haven't wanted to take those times. Cover their lack of time cycle reduction initiatives, keeping high inventory levels, which in many occasions aren't even calculated and are unknown in a determined and sudden moment. By which they incur in the "Whip effect" of Forrester (1961).

4.3 What is Needed for Overcoming the Stage? Training

You can see in the Table 5, some of the activities recommended beyond the stage of Culturization.

5. Recognition Logistical Resources Measurement Stage

The manufactures are using logistics to change the relationships with their key clients, according to Cooke (2001), and furthermore tells us that, "if you start to orient the problems of the business, you will provide the greatest value to your clients and you will improve the service and by changing the relationships nature, these relationships will bring more profitability for both". One research paper that helps us to recognize how you should measure the internal logistics services is done in 2012, the Pennsylvania State University cited by Novack & Thomas (2004), mention what are the most measured logistics We showed the classification of metric with the attribute of reliability, in this section we will focus more in the costs and the inventory management as metrics with attribute of profitability, those metrics that produce profit or income.

5.1 Attribute of Logistics Metrics: Profitability

In the results of this set of metrics the use of the organization's resources will be reflected, just as it is proposed by Beamon (1999), this goal will have as an end to prove a high level of efficiency. Its purpose is that, the efficient handling of the resources is critical for the profitability (see Table 6).

Table 6 Proposed Indicators to Measure the Profitability Internal of Logistics Activities

Metric	Impact on the supplier	Calculation
Distribution costs	The lack of reduction in these costs, directly impacting on the sales price to the customer.	It is the sum of the costs associated with the transport, collection, packing and local delivery of a particular order, divided by the number of units of that order. <i>Transport</i> : shipping costs by distance and location <i>Collection</i> : labor costs for the time of picking <i>Packing</i> : labor and material costs for packing <i>Local delivery</i> :travel costs
Inventory carrying costs	The lack of reduction in these costs, directly impacting the sales price to the customer.	The addition of insurance costs, robberies, damage and waste, in a specific period of time
Inventory turn	The number of times that the inversion recovers in existence for a period of time. The percentage of covered sales inventory. The percentage of units per SKU which covered sales in a certain time.	$RI = (\$ \text{Income from sales} / \text{inventory } \$) * 100$ If greater than 90%, the level of inventory agrees $RI = \text{Number of units sold per SKU, in a period of time} / \text{number of units per SKU in stock, in a time period} * 100$
Cash to Cash of the inventory	Let's look at the impact of inventory changes in cash flow from inventory.	Cash to cash = \$inventory+\$accounts receivables-\$accounts payable

Note: These metrics measure the internal impact of supplier's logistics activities, ranging from determining the cost of distribution and inventory management, inventory returns and inventory capacity to convert cash to cash.

Source: authors and some other referenced.

5.2 What Is Needed for Overcoming the Stage? Associations

Table 7 shows some of the activities recommended beyond the stage of recognition of logistical resources measurement.

Table 7 Recommendations to Achieve Association in the Supply Chain

Activities	What say the researchers
Providers Selection	Lambert & Pohlen (2001) mention that the client selects and develops relationships with its providers, based on their contribution and criticality. This relationship, the authors mention, perhaps increases the incomes through the costs reduction lowering the price to the consumer and improving the quality obtained by the work with a selected group of providers.
Providers Reduction	It's recommended to reduce the cost of the sold merchandises through influencing big purchases with a little number of providers (Lambert & Pohlen, 2001).
Prizes and Rewards	Creating mechanisms for the lack of logistics performance measurement that capture the prizes/losses of collaboration between the companies in the supply chain (Novack & Thomas, 2004).
Benefits of the Associations	For Gunasekaran et al. (2001) a strong association must be counted with, with long term associations, fomenting the mutual planning to make efforts to solve the problems. Also, Gunasekaran, mentions that although the efficient and effective performance evaluation of the buyers and/or providers is not enough, the association degree that exists between them must be evaluated and improved; furthermore these associations must be encouraged to obtain a clear image in the network supply to prepare the steps that increase the efficiency and the chain speed.
Evaluation of the Association	Gunasekaran et al. (2001), retakes a set of criteria to evaluate the association. For example, the level and rank of information exchange; the costs reduction buyer and seller initiatives; the reach of the mutual cooperation that leads to a better quality; Entity and phase in which the provider is involved; and finally the reach of the mutual assistance in the effort to solve problems.

Note: In this table, we can see the recommendations to association. Source: authors.

The associations must be interrelated systems between themselves, where the general objectives of each link must be the ones proposed by Coyle et al. (2003), cited by Novack & Thomas (2004), who assume that the client is satisfied when the 7R-Objective (7Right Objective) are met in the delivery: Give the right product, client, quality, condition, place, at the right time and at the right cost.

6. Adaptation to Technological Innovation Stage

For Gunasekaran et al. (2001), the selection of a right strategy of the supply chain depends on the nature of the products variety and innovation. But Gunasekaran mentions that organizations have diverse capabilities to respond to the technological and competitive changing forces of the markets.

The Technology as change facilitator: The technology has had an important impact in the supply chain as a change facilitator, since the enterprises have transformed their processes due to their adaptation to Technological Innovation (Coyle et al., 2009). Also these authors tell us that the technology is an important force in the change of the market dynamics and that the individuals and the organizations are connected and having access to information over the same base through Internet. Equally, it has been explained that the technology, has allowed to the people and the smaller organizations to connect to worldwide knowledge groups to create an incredible set of opportunities for the collaboration in the supply chain.

6.1 Attribute of Logistics Metrics: Flexibility

These metrics with flexibility attribute can be measured as the speed in time of being fast in various needs of the client, as quick response to changes in the orders, to changes in the products design, changes in the materials processing, etc. In the results of this set of metrics the organization's flexibility will be reflected, as just proposed by Beamon (1999) this goal will have as purpose to prove the ability to respond to the environment changes. Its purpose is that, in an uncertainty environment, the providers must be able to respond to the changes (see Table 8).

6.2 What Is Needed for Overcoming the Stage? Science-linkage

The quick introduction of a product now depends considerably on the reliability and quick response capability of the providers (Gunasekaran et al., 2001). Furthermore the author says it helps to evaluate the competitiveness level. This capability response will depend on the science, this is, of the “set of knowledge obtained by means of observation and reasoning, systematically structured and from which principles and general laws are reduced”, according to the concept of the Royal Spanish Academy. Therefore it is necessary to link the science generated by the research facilities and the not transnational first level providers with the academy, so a quick introduction of the technological advances in the small and medium enterprises exist.

Table 8 Proposed Indicators for Measuring the Flexibility of Supplier

Metric	Impact on the supplier	Calculation
Rapid response to changes in the order (RRCO)	Produce value to the customer, because measured ability to respond to changing customer needs.	$RRCO = \text{Sum of time required to meet the changes of an original order}$ $RRCO = (\text{number of orders with changes as perfect orders fulfilled in a time period} / \text{number of orders with changes in the same period}) * 100$ $\text{Saving time response to changes in orders} = \text{Current Time} - \text{New Time}$ $\text{New Time: time resultant from investments in activities, equipment and systems to be flexible to enabling in orders.}$
Rapid introduction of new products (RINP)	Capturing new customers	$RINP = \text{The sum of times to change product specifications and reprogram all the activities of a supply chain.}$ $\text{Saving Time to response to New Products} = \text{Current Time} - \text{New Time}$ $\text{New Time: time resultant from investments in activities, equipment and systems, which allows flexibility to manufacture new products.}$
Reduction in time, by the use of Information Technologies (ITs, EDI, Internet, SAP)	Facilitates rapid response to the control system and share information	$\text{Saving Time with ITs} = \text{Current Time} - \text{Time new}$ $\text{New Time: time resultant from investments in systems, which allows flexibility to sharing information.}$
Speed to respond to the needs of friendly environment products.	Create reliability and tranquility in consumption	$\text{Percentage of Products Friendly with Environment (PFE)}$ $\text{"n" year} = (\text{number of products friendly with the environment} / \text{product number}) * 100$ $\Delta \text{ Annual increase of PFE} = \% PFE_n - \% PFE_{n-1}$

Note: These metrics to measure the speed of response to the need for changes required by customers, due to shifts in orders, product features, needs to share information and speed to respond to care of the environment.

Table 9 Technological Innovations Needs to Supply

Needs	what to do
Information Technologies	There is no structure within the informatics systems SAP and EDI for the daily record of necessary information to calculate the internal logistics metrics. Since the information needed for the evaluation of some logistics metrics important to the client is not registered in a permanent and frequent way. They only keep the Logistics Satisfaction of the Client, solving day by day the problems arisen by not fulfilling the on-time delivery of the finished products.
Flexible Manufacture	It is necessary to create flexible manufacture cells to produce a wide variety of products in one single line of production; also it is necessary to design a machine capable of processing diverse materials, that not only give a quick response to product changes in a short term, but in a long term as well.
Substitute Materials	Finding the latest tendencies in the substitute materials research, more economical, environment friendly or to deal with the shortage of non-renewable resources.

Note: In this table, we can see the principal technological needs of the Supply Chain. Source: other authors.

It is well known that in Small and Medium Enterprises (SMEs), the application of new technologies is in some occasions, delayed, due to the high initial costs of innovative products. A well-known example is the

incapability of the SMEs to acquire specialized informatics systems to improve the operation and the logistics performance measurement.

Table 9 provides some of the needs of the current Technological Innovation. It should be noted that these activities are general to every supply chain.

7. Sustainable Evolution Stage

In this article, we refer to it as the unfolding evolution, development of a thing that passes from one state to another, according to the Spanish Royal Academy it, is also moving towards a behavior, attitude or purpose. It is needed ecological evolution in supply chains, because the current systems of protection of the environment certification, only control the pollution side, in the other words, for example, they watch the pollution that the enterprise can generate, for example, hazardous residues handling, CO₂ emission, residual waters treatment, etc. (Bask & Kuula, 2010). But not the related to the supply of materials classified as non-renewables, as a preventive measure for the long term supply.

The supply chains must take care of the future scarcity of raw materials or non-renewable resources, according to Bhagwat & Shama (2007), who say that the supply chains are like extended enterprises, they are the responsible of the Life cycle of the product, since the materials acquisition and the supply management, the production and fabrication, and of the product distribution and client service, and finally the recycling and product elimination at the end of its life. It is because as shown in Table 5, a set of metrics is proposed where the supply chains should start to be implemented in their organizations.

7.1 Attribute of Logistics Metrics: Responsibility

The last sets of metrics proposed in this paper, are related and as previously mentioned to indicators of sustainable supply chains. This group of metrics would greatly help to supply chains to begin now and prevent future shortages, the proposed metrics are shown in Table 10.

Table 10 Indicators to Measure the Sourcing of Environmentally Friendly Products

Dimension	Economic	Environment	Social
Objective	Maximize the utilities of the supply chain	Minimize the environment impact	Maximize The social well-being
Indicators	% of Increment in sales as consequence of offering environment friendly products.	% of recycled material in a product (recycle). % of types of products with recycled material (recycle). % of types of products with disassembly design for the end of life of the product (recycle). % of products that have ecological materials again (reduce). % of products or packages with end of life, which are submitted again to the same process (recycle). % of products with environment friendly packing (reduce). % of finished products that can be used by third parties (reuse). % of collected packages or products at the end of its useful life (reduce). % of products that doesn't exceed the allowed hazardous substances limits according to the norms RoHS and WEE (reduce).	% of clients increment that are willing to pay an extra cost or the same cost for an environment friendly product. % of increment of local providers, developed as well in sustainable terms.

Note: In this table, we can see the principal metrics relatives to Sustainable Supply Chain. Source: authors and other authors.

It can't be out of the observations made by diverse authors (Bask & Kuula, 2011; Hassini et al., 2012) that mention that adapting the products design, the fabrication process and the environment friendly products delivery, require of an initial investment, which will only bring economical remuneration in a long term, when the clients

have a conscience to prefer sustainable products, or at the point in which the energy crisis and the scarcity of non-renewable products is inevitable.

7.2 What Is Needed for Overcoming the Stage? Certifications

Catalysts must exist that accelerate the technology searching development, in order for the organizations to be prepared now for the adaptation to future changes, like the scarcity of non-renewable materials. These catalysts can be motivations through public acknowledgement or public politics that obligate the organizations since this moment to take care of the natural resources that still exist, for example, petroleum, water, metals, etc. This stage requires of regulatory strategies and external certification for the companies to start preparing their production processes to the future critical needs of natural resources scarcity. Therefore certifying organisms about environmentally friendly products, with legal mandatory character care proposed.

8. Conclusion

In order to provide a performance measurement instrument to the logistical transnational organizations as well as small and medium enterprises, it is presented a model that can be easily implemented with a sequence of evolutionary stages, aimed particularly at those suppliers that have not yet evolved into a way to measure its internal and external logistics performance, and guarantee logistical service satisfaction given to their customers. This model also serves as a preventive tool to compete in the market, as it provides structure to short and long term needs.

The implanted methodology for developing this model was as follows: Firstly it was made a collection of studied and classified metrics by various authors. Then it was attempted to implement these metrics on a Plastic Processing Industry Automotive (PPIA), finding that it was necessary to organize these metrics in a priority way, that is, selecting the most appropriated at an early stage then it was determined that those be which permit to demonstrate the reliability as a supplier, called in this paper “reliability”, which had to have some culture to the acceptance of these metrics. The second stage called “Logistical Resources Measurement Recognition”, must be applied once the stage of acculturation is accepted by the staff of the ITPA, in this second stage, the metrics have the characteristic of “Profitability” as these permit to measure the economic performance of the logistics area. The third stage of development, called “Adaptation to Technological Innovation” will be achieved only in those organizations that are being prepared for the future, given the changing market needs, this feature of these logistical flexibility metrics, enable organizations to measure their adaptation to technological change. The last stage named “Sustainable Evolution”, can be reached once the organization has taken the “Responsibility” (metrics feature) to take the consequences of the waste generation produced by their products at the end of useful life, also this step would be reached, once raised awareness of the importance not only to reduce waste and pollution generation, but also to prevent the shortage of raw materials.

In this paper it can be seen a useful and simple tool to implement an adequate system of logistics performance measurement, it also allows an organization to find a way to self-assess its future performance. Some limitations of this study has been developed from the experience of implementing performance indicators in no transnational logistics industries, which do not have a certain culture of acceptance of performance measurement, and it is assumed that an Transnational organization already has the application of logistics performance indicators.

It remains as future prospects applying this model in some small and medium enterprises to validate the model, and the design the instruments to collect information from each of the metrics in an easy way to apply and evaluate it.

References:

- Bask A. and Kuula A. (2011). "Measuring supply chain level environmental sustainability—Case Nokia", *International Journal of Business Insights & Transformation*, Vol. 3, No. 3, pp. 16-24.
- Beamon B. M. (1999). "Measuring supply chain performance", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, No. 3, pp. 275-292.
- Bhagwat B. and Sharma M. (2007). "Performance measurement of supply chain", *Production Planning & Control*, Vol. 18, No. 8, pp. 666-680.
- Cajiga-Calderón J. F. (2012). "The concept of corporate social responsibility", *Mexican Center for Philanthropy*, available online at: http://www.cemefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/concepto_esr.pdf.
- Chan F. T. S. (2003). "Performance measurement in a supply chain", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 21, No. 7, pp. 534-548.
- Chopra S. and Meindl P. (2007). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*, Prentice-Hall.
- Cooke J. A. (2001). "Measuring value: Who should measure your performance?", *Logistics Management*, February, pp. 45-48.
- Coyle J. J., Langley C. J., Gibson B., Novack R. A. and Bardi E. J. (2009). *Supply Chain Management: A Logistics Perspective*, South-Western.
- Christopher M. (1992). *Logistics and Supply Chain Management*, Pitman Publishing, London.
- Davis K. and Newstrom J. W. (2004). *Human Behavior in the Work*, McGraw Hill, México.
- Dev N. K., Caprihan R. and Swami S. (2008). "Using Taguchi Paradigm for the design of information sharing policies within a supply chain network", *Proceedings of 32nd National Systems Conference*, NSC 2008, IIT Roorkee, December, pp. 507-513.
- "Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the council on waste electrical and electronic equipment" (2003), *Official Journal of the European Union*, available online at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0024:0038:en:PDF>.
- Forrester J. W. (1961). *Industrial Dynamics*, MIT Press: Cambridge, MA.
- Global Reporting™ (2011). "Guide for the Preparation of Sustainability Reports G3.1", available online at: <http://www.globalreporting.org/resource/library/Spanish-MSS.pdf>.
- Gunasekaran, A., C. Patel and R. E. McGaughey (2004). "A framework for supply chain performance measurement", *International Journal of Production Economics*, Vol. 87, No. 3, pp. 333-347.
- Gunasekaran A., Patel E. and Tirtiroglu C. (2001). "Performance measures and metrics in a supply chain environment", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, No. 1/2, pp.71-87.
- Hassini E., Surti C. and Searcy C. (2012). "A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics", *International Journal of Production Economics*, Vol. 140, No. 1, pp. 69-82.
- Knowles G., Whicker L., Heraldez J. and Del Campo F. (2005). "A conceptual model for the application of six sigma", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 8, No. 1, pp. 51-65.
- Kumar S., McCreary M. and Nottestad D. (2011). "Quantifying supply chain trade-offs using six sigma, simulation, and designed experiments to develop a flexible distribution network", *Quality Engineering*, Vol. 23, No. 2, pp. 180-203.
- Lambert D. M. and Harrington T. C. (1989). "Establishment customer service strategies within the marketing mix: More empirical evidence", *Journal of Business Logistics*, Vol. 10, No. 2, pp. 44-60.
- Lambert D. and Pohlen T. (2001). "Supply chain metrics", *International Journal Logistics Management*, Vol. 12, No. 1, pp.1-19.
- Landeros R., Reck R. and Plank R. E. (1995). "Maintaining buyer-supplier partnerships", *International Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 31, No. 3, pp. 3-11.
- Lee K. H. and Kim J. W. (2009). "Current status of CSR in the realm of supply management: The rise of the Korean electronics industry", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 14, No. 2, pp. 138-148.
- Maslow A. H. (1943). "A theory of human motivation", *Psychological Review*, Vol. 50, No. 4, pp. 370-396.
- McLeod R. Jr. (2000). *Management Information Systems*, Pearson Education, México.
- Neely A., Gregory M. and Platts K. (1995). "Performance measurement system design: A literature review and research agenda", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, No. 4, pp. 80-116.
- Novack R. A. and Thomas D. (2004). "The challenges of implementing the perfect order concept", *Transportation Journal TM*, Vol. 43, No. 1, pp. 1-16.
- Rushton A. and Oxley J. (1991). *Handbook of Logistics and Distribution Management*, Kogan Page Limited, London.
- Subramani M. (2004). "How do suppliers benefit from information technology use in supply chain relationships?", *MIS Quarterly*, Vol. 28, No. 1, pp. 45-73.
- Vachon S. and Klassen R. D. (2008). "Environmental management and manufacturing performance: The role of collaboration in the supply chain", *International Journal of Production Economics*, Vol. 111, No. 2, pp. 299-315.

The Institute for Business and Finance Research
Global Conference on Business and Finance
Certificate of Presentation

is awarded to

Marisol Reyes Alcantar

At the 2013 Costa Rica Global Conference on Business and Finance for presenting the paper:

Evolutionary Model for the Measurement of the Logistics Performance of No-transnational Suppliers

Halbert

Mercedes Jalbert, Managing Editor

May 28-31, 2013



The Institute for Business and Finance Research
Global Conference on Business and Finance
Outstanding Research Award

is presented to

Marisol Reyes Alcantar

Paper Titled: *Evolutionary Model for the Measurement of the Logistics
Performance of No-transnational Suppliers*

as determined by a double-blind review process



Mercedes Jalbert, Managing Editor

May 28-31, 2013





Congreso Internacional de
Logística y Cadena de Suministro

24 y 25, Octubre 2013 | Sanfandila, Querétaro, México

OTORGA EL PRESENTE RECONOCIMIENTO A:

MARISOL REYES ALCANTAR

POR SU VALIOSA PARTICIPACIÓN EN EL CONGRESO INTERNACIONAL
DE LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

Ing. Roberto Aguerrebere Salido
Presidente Honorario

Dr. José Elías Jiménez Sánchez
Presidente del Comité Organizador

Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos
Presidente del Comité Científico

"Ciencia e innovación para la competitividad logística"

Una estructura para la Medición de Desempeño de Cadena de Suministro Ecológicamente Responsable

Marisol Reyes Alcantar
Profesor de Tiempo Completo: División de
Ingeniería Industrial, UTP
Doctorante en Logística y Dirección de la Cadena
de Suministro, UPAEP
Puebla, México
marisol_reyes@utpuebla.edu.mx

Judith Flores Regata
Profesor de Tiempo Completo: División de
Ingeniería Industrial, UTP
Puebla, México
judith.regata@utpuebla.edu.mx

Heidy Juliana Duque Torres
Universidad Tecnológica de Pereira
Pereira, Colombia
hjdkuque@utp.edu.co

Actualmente, solo existen organismos certificadores para la reducción del desperdicio que generan contaminación de las fábricas, por lo que pocas se han dedicado en minimizar el impacto de fin de vida de sus productos y prever el desabastecimiento de materias primas y muy escasamente han tratado de avanzar en la medición del desempeño de cadenas de suministros verdes. Después de realizar una revisión a la literatura de la Cadena de Suministro Verde, se encontró que existe la necesidad de sistemas de medición del desempeño para la generación de productos amigables con el medio ambiente, por lo que objetivo de este documento es proponer un modelo evolutivo escalador para la medición del desempeño de los productos de las cadenas de suministro amigables con el medio ambiente, la cual relaciona los conceptos reducir, reutilizar y reciclar, así como los de ecología, sociedad y economía del Desarrollo Sostenible.

Abstract— Presently only certifying organizations for waste reduction that generate pollution of factories, so few have been devoted to minimizing the impact of end of life of their products and provide raw material shortages and very rarely have tried to advance performance measurement of green supply chains. After making a literature review of Green Supply Chain, it was found that there is a need for performance measurement systems for the generation of products environmentally friendly, so objective of this paper is to propose an evolutionary model climber for measuring the performance of the products supply chains friendly environment, which relates the concepts reduce, reuse and recycle, as well as ecology, society and economy of sustainable development.

Keywords—Green Supply Chain, Logistics Performance Measurement

I. INTRODUCTION

El siguiente trabajo de investigación se motivó, no solo por la inquietud de reducir la contaminación, sino también por el deseo de hacer algo para prevenir el desabasto o agotamiento de recursos naturales que abastecen a muchas cadenas de suministro, dado que pocas han comenzado a prevenir esta situación.

Se describe una breve identificación de las fases de las cadenas de suministros, así como una descripción de los elementos del Reciclaje, Reutilización y Reducción del Desperdicio. Posteriormente, indaga sobre los organismos que otorgan reconocimiento a las Organizaciones Socialmente Responsables; también se muestra una serie de descubrimientos que carecen los actuales sistemas de reconocimiento de corporaciones responsables.

El objetivo de este documento, es presentar una estructura de indicadores con avance evolutivo para la medición del desempeño ecológico sobre los productos de la cadena de suministro. Este modelo no solo aborda elementos del cuidado del medio ambiente relacionados con reducir, reciclar y reutilizar, sino que además considera el desarrollo sostenible, entre el ambiente, la sociedad y lo económico. Por lo que, este modelo, también mide la preparación de la cadena para el desensamble final y la reutilización del final en otra cadena.

Sobre la organización de este documento, podemos decir que la segunda sección es una breve revisión de la literatura de la Cadena de suministro y los elementos del reciclaje; en la tercera sección los resultados de la revisión de la literatura inspiran para la construcción de una estructura para la medición del desempeño de cadenas de suministro ecológicamente responsables; los resultados del modelo se muestran en la

sección cuarta, seguida por una discusión sobre limitaciones e implicaciones para poder probar este modelo, las cuales se presentan en la sección cinco.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A. Identificación de las fases de las Cadenas de suministro

Una cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de la solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, como la del fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. Estas funciones incluyen, pero no están limitadas al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, las operaciones, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente [1].

El término "Cadena de Suministro" también conocido como "Cadena de Abasto" (del inglés: Supply Chain) entró al dominio público cuando Keith Oliver, un consultor en Booz Allen Hamilton, lo uso en vocabulario de negocios, pero a mediados de los 1990's empezaron a aparecer una gran cantidad de publicaciones sobre el tema y se convirtió en un término regular en los nombres de los puestos de algunos funcionarios [2]. Por lo tanto, la cadena de suministro es la secuencia de eventos que cubren el ciclo de vida entero de un producto o servicio desde que es concebido hasta que es consumido [2]. También, se presenta internamente, en una empresa manufacturera, la Cadena de Abasto conecta a toda la Organización pero en especial las funciones comerciales (Mercadotecnia, Ventas, Servicio al Cliente) de abasto de insumos para la producción (Abastecimiento), productivas (Control de Producción, Manufactura) y de almacenaje y distribución de productos terminados (Distribución), con el objetivo de alinear las operaciones internas hacia el servicio al cliente, la reducción de tiempos de ciclo y la minimización del capital necesario para operar [2]. La Cadena de Suministro al igual que todas las actividades de la Organización acepta la existencia de Filosofías innovadoras y las incorpora a su quehacer, por lo que es fácil encontrar términos fortalecidos por las mismas como lo es "Lean Supply Chain Management" o "Lean Six Sigma Logistics" [3].

Los procesos macro en el interior de una empresa u organización manufacturera o de servicios y los sub-procesos que incluyen son [2]:

- Administración de las Relaciones con Proveedores: Selección y evaluación de proveedores, Negociación de contratos, Compras, Colaboración en el diseño, Colaboración en el suministro.
- Administración de la Cadena de Suministro Interna: Planeación estratégica, Planeación de la demanda, Planeación del abasto, Cumplimiento en el procesamiento de órdenes, Cumplimiento en el servicio
- Administración de las Relaciones con Clientes: Marketing, Fijación de precios, Ventas, Atención al cliente, Administración de órdenes.

La sincronización es muy importante en estas cadenas para que no se produzca desperdicio, medido como inventario, tiempo o fallo de servicio al cliente. Ayuda contar con una buena predicción de la demanda para no provocar sobrantes ni faltantes de productos terminados. Un fallo en esta predicción provocará un denominado efecto látigo, también llamado efecto Látigo, traducido del inglés Bullwhip Effect [4]. Por ello, se dice que el impacto de una acción en una cadena de suministro es directamente proporcional a su demora en la propagación de la comunicación.

B. Identificación de los Elementos de Reciclaje, Reutilización, Reducción de desperdicio.

Según las definiciones de Wikipedia (2013), sobre Reciclaje, Reutilización y Reducción de desperdicio, el reciclaje es un proceso fisicoquímico o mecánico o trabajo que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado (basura), a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto. También se podría definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales, macro económico y para eliminar de forma eficaz los desechos de los humanos que no necesitamos.

El reciclaje se extiende en la estrategia de tratamiento de residuos de las tres erres "3R", descrita en la tabla 1:

TABLA I. DESCRIPCIÓN DE 3RS

"R"	Descripción
Reducir	Acciones para reducir la producción de objetos susceptibles de convertirse en basuras. Si reducimos el problema, disminuimos el impacto en el medio ambiente. La reducción puede realizarse en 2 niveles: reducción del consumo de bienes o de energía. De hecho, actualmente la producción de energía produce numerosos desechos (desechos nucleares, dióxido de carbono). El objetivo sería: Reducir o eliminar la cantidad de materiales destinados a un uso único (por ejemplo, los embalajes); Adaptar los aparatos en función de sus necesidades (por ejemplo poner lavadoras y lavavajillas llenos y no a media carga); Reducir o eliminar la cantidad de materiales destinados a un uso único (por ejemplo, los embalajes); Reducir pérdidas energéticas o de recursos: de agua, desconexión de aparatos eléctricos en stand by, conducción eficiente, desconectar transformadores, etc. Ejemplo: reducir la emisión de gases contaminantes, nocivos o tóxicos evitará la intoxicación animal o vegetal del entorno si llega a cotas no nocivas. Países europeos trabajan con una importante política de la reducción, y con el lema: La basura es alimento (para la tierra) producen productos sin contaminantes (100% biodegradables), para que cuando acabe su vida útil no tenga impacto en el medio, o éste sea lo más reducido posible.
Reutilizar	Acciones que permiten el volver a usar un determinado producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente, reduce impacto en el medio ambiente, indirectamente. Todos los materiales o bienes pueden tener más de una vida útil, bien sea reparándolos para un mismo uso o con imaginación para un uso diferente. Ejemplos: Utilizar la otra cara de las hojas impresas, rellenar botellas.

Reciclar	Es el conjunto de operaciones de recolección y tratamiento de residuos que permiten reintroducirlos en un ciclo de vida. Ésta es una de las erres más populares debido a que el sistema de consumo actual ha preferido usar envases de materiales reciclables (plásticos y bricks, sobre todo), pero no biodegradables. De esta forma se necesita el empleo de personal y energía en el proceso. Ejemplo: El vidrio y la mayoría de plásticos se pueden reciclar calentándolos hasta que se funden y dándoles una nueva forma. Es como utilizar algo de su principio, aunque la eficiencia no es del cien por ciento en general. En el caso del vidrio en concreto, sí es completamente reciclable: de una botella se podría obtener otra botella, las botellas antes de botarlas ocuparlas para el agua, refresco, etc.
----------	--

Tabla 1. Descripción de cada "R", dentro del concepto de Reciclaje.

Exploración de métricas de desempeño con cualidad de Responsable dentro de las Cadenas de Suministro.

La Real Academia española, define a la responsabilidad como "la obligación de reparar y satisfacer, por sí o por otra persona, a consecuencia de una culpa o de otra causa legal"; otra definición es "la obligación moral que resulta para alguien del posible error en un asunto determinado"; y una distinta es "la capacidad del sujeto para reconocer y aceptar las consecuencias de una hecho realizado libremente". Es por esto que en este proyecto, nos referimos a aquellas métricas con las que se podrá medir la capacidad de las organizaciones de reconocer, aceptar, disminuir y prevenir las consecuencias del desperdicio generado desde el abastecimiento, producción, distribución, consumo y etapa final de la vida útil del producto.

Con el fin de sobrevivir y ser competitivos en el mercado, las empresas deben extenderse a CSR (por sus siglas en inglés Corporate Social Responsibility – Empresas Socialmente Responsables, ESR) a través de la cadena de suministro. La necesidad de desarrollar las mejores prácticas en las empresas de recuperación de bienes a través del reciclaje y la reutilización de materiales y componentes [6]. Estas empresas quizá desean mostrar su lado ético, humanitario o bondadoso. Pero en México, solo las compañías fortalecidas han volteado a ver las ventajas y beneficios que pueden dejar a la sociedad a través de sus acciones, para el bien común de la sociedad con diversas actividades que van desde el desarrollo económico, social hasta el cuidado del medio ambiente, tema a tratar en esta sección [7].

Por otro lado la Responsabilidad Social Empresaria (RSE) es inherente a la empresa, recientemente se ha convertido en una nueva forma de gestión y de hacer negocios, en la cual la empresa se ocupa de que sus operaciones sean sustentables, tanto en lo económico, social y ambiental, reconociendo además, el interés de los distintos grupos con los que se relaciona; también, es el compromiso consciente y congruente de cumplir integralmente con la finalidad de la empresa, desde lo interno y lo externo, mostrando respeto a la gente, los valores éticos, la comunidad y el medio ambiente, contribuyendo así a la construcción del bien común [7]. Existe otras definiciones de las ESR, como la habilidad de conducir negocios, con metas a largo plazo de mantener el bienestar de la compañía, el ambiente y la sociedad [8].

El grado de responsabilidad se puede clasificar en las dimensiones del Desarrollo Sostenible: económicas, ambientales y sociales, en donde cada una de ella tiene diversos aspectos, los cuales se desglosan en diversos indicadores del desempeño. Sin embargo, existen diferentes herramientas o instrumentos de RSE que permiten implementar prácticas socialmente responsables [7]. Una de ellas es presentada por Informe Global, o GRI, por sus siglas en inglés, el cual es un conjunto de guías para elaborar un informe de sostenibilidad. La G3.1 evalúa la influencia, es decir, la organización debe considerar su capacidad para influir en las entidades upstream (por ejemplo, en su cadena de suministro) así como en las entidades downstream (por ejemplo, distribuidores y usuarios de sus productos y servicios) [9]. Sobre la colaboración de los miembros de la cadena, se observan cómo la colaboración en el ambiente impacta en el desempeño de las fábricas [8]. Ellos encuentran que aunque la colaboración upstream tiene beneficios claros, el caso no es tan evidente para los clientes, basándose en la colaboración. Por lo que, este autor, dice que la fuerza de los eslabones de las cadenas de suministro, depende del desempeño de sostenibilidad ambiental y social a nivel país.

Las actuales sistemas de certificación del cuidado del medio ambiente, solo vigilan la contaminación que puede generar la empresa, como por ejemplo, manejo de residuos peligrosos, emisión de CO₂, tratamiento de aguas residuales, etc. [6]. Pero no lo relacionado con el abastecimiento de materiales clasificados como recursos no renovables, como medida preventiva para el desabastecimiento a largo plazo.

Las cadenas de suministros deben de encargarse del futuro desabastecimiento de materias primas o recursos no renovables [6], además las cadenas de suministro son como empresas extendidas, son los responsables del Ciclo de vida del producto, desde la adquisición de materiales y la gestión de suministros, la producción y fabricación, además de la distribución de productos y servicio al cliente, y finalmente al reciclaje y la eliminación de producto al final de su vida. Es por eso que se propone con conjunto de métricas que las cadenas de suministros deberían de ir implantando en sus organizaciones.

No debe quedar fuera las observaciones hechas por diversos autores, [6], [8], quienes menciona que adaptar los diseños de productos, los proceso de fabricación y la entrega de productos amigables con el medio ambiente, requieren de una inversión inicial, la cual solo tendrá recuperación económica a largo plazo, cuando los clientes tengan conciencia de preferir consumir productos sostenibles, o en el punto en que la crisis energética y la escases de materiales no renovables sea inevitable.

III.RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA LITERATURA

Sobre los resultados de la revisión de la literatura de sistemas de medición para el cuidado del medio ambiente, solo se encontró, que algunos organismos reconocen el esfuerzo de ciertas organizaciones y les otorgan un distintivo de Empresa Responsable Socialmente. Los puntos que las organizaciones debe de cumplir para este reconocimiento son muy generales, quiere decir que una organización puede demostrar que reduce los desperdicios contaminantes que genera su proceso de producción, pero poco hacen para evitar que la acumulación de basura incremente cuando sus productos han terminado la vida

útil y son desutilizados por sus consumidores. Sin embargo, otras pocas Cadenas de Suministro, han comenzado a pensar en el diseño del desensamble de sus productos, de tal manera que puedan reutilizarse al final de la vida útil y sean suministrados en otra Cadena.

Por lo anterior, se propone una estructura que equilibre métricas logísticas para la medición del desempeño dentro de las Cadenas de Suministro Responsable Ecológicamente; la tabla 2, muestra las métricas propuestas, organizadas por niveles, entendiendo que cada nivel inferior es necesario para que pueda desarrollarse el siguiente nivel; también se sugiere que la estructura incrementará cada vez que cada nivel se fortalezca.

Este modelo propone en su primer nivel nombrado Reutilizar, medir el porcentaje de productos que vuelven a tener materiales ecológicos, los productos que tienen también empaques amigables con el medio ambiente o recolectados al final de su vida útil, así como la cantidad de productos que no exceden el porcentaje de sustancias peligrosas permitidos por las normas RoSH.; En su segundo nivel de Reutilizar, se propone cuantificar el porcentaje de material reciclado en un producto, el número de productos con material reciclado, el

porcentaje de productos que vuelven a someterse al mismo u otro proceso después de su vida útil; como tercer nivel mide la reutilización como porcentaje de productos con diseño de desensamble para el fin de vida del producto, el porcentaje de producto que puede ser utilizado por tercero, así como el la cantidad de desperdicio que puede ser usado por terceros también; los siguientes niveles involucran a lo social, ya que debe haber un incremento de proveedores locales desarrollados ecológicamente dada la iniciativa del líder de la cadena, así como se espera que haya un incremento de clientes que estén dispuestos a pagar un costo extra por un producto debido a su conciencia social y compromiso con el cuidado del medio ambiente. El último nivel relacionado con lo económico, llevaría a la organización en un futuro al incremento en ventas como consecuencia de ofertar productos sostenibles y como quizá, uno de los pocos que se sostenga en el mercado debido a su preparación para el desabasto.

Pero si al aplicar este modelo, faltara algún block o ladrillo, no podría sustentarse el futuro de las cadenas de suministro, si no se toman medidas preventivas para evitar colapsos ecológicos.

TABLA II. UNA ESTRUCTURA PARA LA MEDICIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO ECOLÓGICAMENTE RESPONSABLE

Dimensión Desarrollo Sostenible					3R
ECONÓMICO					% de Incremento en las ventas como consecuencia de ofertar productos EF ^a
SOCIAL					% de incremento de clientes que están dispuestos a pagar un costo extra por un producto % de incremento de proveedores locales, desarrollados también en términos sostenibles
AMBIENTAL		% de tipos de productos con diseño de desensamble para el fin de vida del producto	% de productos terminados que puede ser utilizados por terceros	% de scrap que puede reusarse como insumos para terceros	Reutilizar
	% de material reciclado en un producto	% de tipos de productos con material reciclado	% de productos con fin de vida, que se vuelven a someter al mismo proceso	% de empaques con fin de vida, que se vuelven a someter al mismo proceso	Reciclar
	% de productos que vuelven a tener materiales ecológicos	% de productos amigables al medio ambiente EF ^a	% de empaques amigables al medio ambiente EF ^a	% de productos o empaques recolectados al final de su vida útil	Reducir
				% de productos que no exceden los límites de sustancias peligrosas permitidos según las normas RoHS Y WEEE	

^a EF - Environment Friendly

IV.DISCUSIÓN

Este proyecto de investigación, permite identificar y resaltar la importancia de las Cadenas de Suministro Sostenibles, ya que la estructura propone un conjunto más de métricas, para que las empresas que se interesan en ser no solo Empresas Socialmente Responsables, sino ir más allá, para llegar a ser Cadenas de Suministros Ecológicamente Responsables, mismos que comienza desde la sustracción de materia prima de la

naturaleza, abastecimiento, procesamiento, distribución, venta, uso del cliente, fin de uso del cliente y debe continuar esta cadena hasta la recolocación del producto no deseado por el cliente inicial, en un nuevo inicio de otra cadena.

Una de las limitaciones para la aplicación de este modelo es que actualmente no existe legislación gubernamental específica en México, que exija demostrar que la Cadena de Suministros debe mejorar sus indicadores en el abastecimiento de materiales

ecológicamente amigables con el medio ambiente, por lo que probar este modelo resulta algo anticipado.

Otra implicación para este modelo es que deben existir catalizadores que aceleren el desarrollo de la búsqueda de tecnología, para que las organizaciones se preparen desde ahora para la adaptación de los cambios futuros, como el desabasto de materiales no renovables. Estos catalizadores pueden ser incentivos a través de reconocimientos públicos o políticas públicas que obliguen a las organizaciones desde esta época a cuidar los recursos naturales que aún existen, como por ejemplo, el petróleo, metales, etc.

Se requieren de estrategias de regularización y certificación externa para que las organizaciones comiencen a preparar sus procesos de producción a las futuras necesidades críticas de desabasto de recursos naturales.

Una recomendación para que este modelo pueda ser implantado es la creación de organismos certificadores para la Administración del Abastecimiento de Productos Amigables con el Medio Ambiente, con carácter obligatorio legal.

REFERENCES

- [1] S. Chopra, P. Meindl, (2007) "Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation," Prentice-Hall.
- [2] D. Blanchard, (2010) "Supply Chain Management Best Practices", Wiley & Son.
- [3] Lean Six Sigma Institute, "Lean Six Sigma Logistics", Recopilado el 25 de julio de 2013 de: <http://leansixsigmainstitute.org/>, 2011.
- [4] J.W. Forrester (1961) "Industrial Dynamics", MIT Press: Cambridge, MA
- [5] Reciclaje, "Wikipedia" Recabado el 14 de abril de 14 2013, en <http://es.wikipedia.org/wiki/Reciclaj>
- [6] A. Bask, & A. Kuula, (2011) "Measuring Supply Chain Level Environmental Sustainability - case Nokia," International Journal of Business Insights & Transformation, vol. 3(3), January, p. 16-24
- [7] J.F. Cajiga Calderón, (2012) "The Concept of Corporate Social Responsibility," Centro Mexicano para la Filantropía, A.C. Recabado el 12 de marzo de 2013, en http://www.ccmefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/concepto_esr.pdf
- [8] E. Hassini, C. Surti, & C. Searcy, "A Literature Review and a Case Study of Sustainable Supply Chains with a Focus on Metrics," International Journal of Production Economics, vol. 140(1), pp. 69-82, 2012.
- [9] Global Reporting TM (2011), Guide for the Preparation of Sustainability Reports G3.1. Recabado el 2 de febrero de 2013, de The GRI Resource Library Section Web site: www.globalreporting.org/resource/library/Spanish-MSS.pdf
- [10] B. Bhagwa, & M. Sharma, (2007) "Performance Measurement of Supply Chain," Production Planning & Control, vol. 18(8), December, p. 666-68



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY.**

Toluca, Méx., 20 de febrero del 2015.

A quien corresponda:

A través de la presente hacemos constar que la Mtra. Marisol Reyes Alcantar participó como co-autor del libro **LA MERCADOTECNIA VERDE EN UN CONTEXTO DE CONCIENCIA AMBIENTAL EN FORMACIÓN** el cual será coeditado por la Editorial Plaza & Valdés y el Tecnológico de Monterrey. La Mtra. Reyes Alcantar fue la autora principal del capítulo **"Enverdecimiento de la cadena de suministro: desde el abasto hasta la recuperación de productos al final de su ciclo de vida"** que integrará junto con otros ocho capítulos los contenidos del citado libro el cual será publicado durante el 2015.

Se extiende la presente para los fines que a la interesada convengan con fecha veinte de febrero del 2015.

Atentamente

Dra. Pilar Ester Arroyo López

Dra. Lorena Carrete Lucero

Coordinadores del libro "La mercadotecnia verde
en un contexto de conciencia ambiental en formación"

Tecnológico de Monterrey campus Toluca
e-mail: pilar.arroyo@itesm.mx y lcarrete@itesm.mx

Tel. 722 2799990 ext. 2208 y 2249

1. Introducción

El interés creciente por proteger el medioambiente ha dado como resultado que las empresas estén implementado progresivamente más actividades de enverdecimiento que se extienden más allá de las fronteras de la empresa e involucran la cooperación con otras firmas que participan en su cadena de suministros. Autores como Rao (2007) sugieren que los consumidores no hacen una distinción entre la empresa, sus proveedores y sus otros socios de negocios por lo cual cuando alguna de estas entidades realiza actividades que atentan contra el medioambiente, esto afecta también a la empresa focal de la cadena, lo cual justifica que ésta se interese en asegurar, administrar y controlar el desempeño ambiental de los otros integrantes de su cadena.

Actualmente las normas ambientales de muchos países únicamente obligan a las industrias a minimizar y reducir la emisión de fuentes contaminantes dentro de sus procesos productivos. Debido a su alcance limitado, estas normas no ofrecen una guía sobre cuáles acciones habría que implementar en cada uno de los eslabones de la cadena de suministros para enverdecirla. Ya sea con el propósito de atender a sus políticas de responsabilidad ambiental, a las demandas de sus socios de negocios o la presión del mercado, varias empresas están desarrollando voluntariamente actividades para prevenir el aumento de la contaminación y el futuro desabasto de materias primas, sin necesariamente esperar el reconocimiento o el aval por cumplimiento con las exigencias de las autoridades. Estas acciones verdes están orientadas a minimizar el efecto que sobre el medioambiente tienen los productos fabricados por la empresa a lo largo de todo su ciclo de vida, y son resultado del esfuerzo de la empresa líder en la cadena por encontrar un equilibrio entre sus objetivos económicos, sociales y ambientales.

Empresas reconocidas como Toyota, Sabaru, Apple y Nokia por citar algunas, han implementado prácticas verdes en varios de los procesos de su cadena de suministros - proveeduría, producción, distribución, consumo y recuperación de productos al final de su ciclo de vida – sin embargo el alcance y el impacto de estas acciones son temas de

investigación actual (Björklund et al., 2012). Para contribuir al conocimiento sobre estos tópicos, en este capítulo propusimos las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué actividades más allá de sus fronteras podría realizar una organización para lograr el enverdecimiento de su cadena de suministros?

¿Qué factores influyen sobre la empresa para que ésta incorpore el tema ecológico en la administración de su cadena de suministros y defina medidas de desempeño para la cadena verde?

¿Cómo se debería medir el desempeño de la cadena verde?

Para dar alguna respuesta a las preguntas anteriores se revisaron tanto las prácticas verdes voluntarias que realizan empresas líderes como la literatura relacionada con el tema de cadena de suministro verde. La lista de elementos de la Cadena de Suministro Sustentable propuesta por la Advancing Productivity, Innovation and Competitive Success [APICS], ahora conocida como la Association for Operations Management, se analizaron con detalle y se complementaron con aportaciones de otros autores para definir las distintas dimensiones que deberían comprender las distintas acciones que realiza la empresa para contribuir al enverdecimiento de la cadena. En la revisión realizada también se identificaron aquellos factores internos y externos más relevantes que fomentan/inhiben el enverdecimiento de la cadena de suministro con el propósito de considerar su influencia en el momento de determinar cuáles serían las métricas más razonables a utilizar para cuantificar tanto los beneficios de negocios como ambientales que resultan de realizar acciones a favor del medioambiente en los procesos de la cadena. Finalmente, se analizaron propuestas de esquemas de medición para el desempeño de la cadena verde, a partir de las cuales se definió una estructura jerárquica para evaluar el avance de las acciones ecológicas sobre los diferentes eslabones de la cadena de suministros.

2. Referente teórico

Una cadena de suministro (CS) está formada por todas aquellas entidades involucradas de manera directa o indirecta en atender la demanda por productos o servicios de los clientes. La CS en su definición más extensa incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle e incluso a los mismos

clientes quienes a través de sus necesidades desencadenan el proceso de fabricación de bienes y servicios (Chopra & Meindl 2008). Coyle et al. 1996, define a la CS como una integración filosófica para manejar el flujo total de un canal de distribución desde el proveedor hasta el último consumidor. Sin embargo, Ballou (2004) reconoce que en una cadena de suministros no sólo fluyen productos terminados sino también materias primas, productos en proceso, e información; además de que los flujos van tanto en sentido ascendente como descendente.

2.1. Enverdecimiento de la cadena de suministros

El enverdecimiento de la cadena de suministros implica una extensión al concepto de Administración de la Cadena de Suministro. Para Bask & Kuula (2011) la Cadena de Suministro Verde se refiere a "La integración de la mentalidad ecológica en la gestión de la cadena de suministro, incluyendo el diseño de productos, el abastecimiento de materiales y su selección, los procesos de fabricación, la entrega del producto final a los consumidores, así como manejo del producto después de su vida útil".

Es así que describimos a las cadenas de suministro "Green" o "Verde", como aquellas cadenas "reverdecidas" gracias al esfuerzo de sus integrantes, y en especial de la empresa líder de la cadena, para restablecer o recuperar el equilibrio entre los beneficios hacia el medio ambiente y los beneficios económicos. *Reverdecer* o *enverdecer* la cadena de suministros implica el desarrollo de capacidades (ecológicas) orientadas a garantizar la continuidad o sustentabilidad de las cadenas de suministros mediante la reducción efectiva de los efectos nocivos de sus actividades sobre el medio ambiente. Como dicen Bhagwat y Sharma (2007) las "cadenas de suministros deben hacerse cargo del futuro desabastecimiento de materias primas o recursos no renovables" ya que de otra forma no podrán subsistir. Esta visión de tomar en cuenta el cómo garantizar el abasto no sólo presente sino futuro de bienes y servicios va en línea con el concepto de desarrollo sustentable, el cual fue definido por las Naciones Unidas, a través de la Comisión Mundial en Ambiente y Desarrollo, como: "El desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la disponibilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (So et al. 2012).

La implementación del concepto de sustentabilidad en la cadena, de acuerdo con la APICS (2011) incluye los siguientes elementos:

- El **diseño de productos amigables** con el ambiente, ya sea mediante la sustitución o reducción de materiales, su re-diseño para que puedan desensamblarse fácilmente después de recuperarlos al final de su ciclo de vida, la eliminación de sustancias tóxicas y la reducción en el uso de recursos para su fabricación.
- La **logística** que se refiere a minimizar el impacto sobre el ambiente de las actividades relacionadas con el flujo de productos e información desde y hacia la empresa. Entre las actividades logísticas destaca el transporte debido a la contribución que esta actividad tiene sobre las emisiones al medioambiente.
- Las **adquisiciones sostenibles o compras verdes** que se refiere a la adquisición de bienes y servicios que tengan un menor impacto sobre el medio ambiente respecto a otros productos o servicios con desempeño similar.
- La **producción limpia** que implican desarrollar o modificar los procesos actuales para hacerlos más sustentables. Las metas de estas acciones son minimizar la cantidad de desechos, reutilizar los desperdicios cuando sea posible, fabricar productos nuevos con componentes recuperados de productos que terminaron su vida útil, prevenir y reducir la contaminación al restringir o sustituir materiales tóxicos y peligrosos en los procesos productivos, así como reducir los efectos medioambientales negativos del transporte de productos en proceso.
- La **innovación en procesos y la manufactura de Ciclo Cerrado** que se refiere a innovar en el sistema productivo de tal manera que el producto se fabrica utilizando energía renovable, sin salida de contaminantes y sin desperdicio (los materiales utilizados en la producción son reciclados o reutilizados, no desechados).
- La **gestión del ciclo de vida** (LCM) que evalúa los efectos potenciales asociados a un producto, proceso o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la etapa de adquisición de materias primas para su fabricación, su manufactura, transporte, uso y eliminación con miras a identificar oportunidades de reducir los efectos ambientales.

- La **logística inversa** que consiste en la planificación, implementación y control del flujo de materiales, productos terminados e información desde el consumidor final al productor, con el propósito de recapturar valor de los productos desechados por los consumidores o garantizar su correcta eliminación.

Las acciones específicas para el enverdecimiento de la cadena de suministro que se pueden realizar en cada uno de los elementos anteriores se discuten a detalle en las siguientes secciones.

Diseño de productos amigables con el medio ambiente

Algunas empresas están modificando sus procesos productivos para minimizar su impacto negativo sobre el ambiente. Por ejemplo Apple ya no usa sustancias tóxicas en sus productos electrónicos como una forma de reducir las obligaciones futuras derivadas de su uso (Hassini et al. 2012); Nokia, consciente de la cantidad de materiales tóxicos de sus productos, maneja un plan de recopilación de teléfonos viejos en toda su red de servicios (Bask & Kuula 2011) mientras que General Motors comercializó modelos de automóvil FlexFuel cuyos motores pueden funcionar tanto con gasolina como bioetanol (Hassini et al. 2012).

Hacer mejoras ambientales en los productos, según Quariguasi et al. (2010), es hacer decisiones ecológicamente inteligentes, las cuales a través del diseño de productos ecológicos permiten posteriormente dar un uso del producto amigable con el medio ambiente y facilitan la recuperación de los productos. Un diseño de producto amigable con el medio ambiente debe incluir:

- Cambiar materiales para aumentar la reciclabilidad y las posibilidad de reintegrar componentes de productos recuperados a la cadena (Bask & Kuula 2011).
- Analizar materiales alternativos renovables, duraderos y reciclables, que requieran el mínimo de recursos energéticos (Bask & Kuula 2011)
- Utilizar de materiales biodegradables, no tóxicos, utilizar menos energía y fuentes de recursos renovables (Hassini et al. 2012)

- Cumplir con la Restricción de Sustancias Peligrosas (RoHS) y lograr la certificación de terceras partes en los métodos para análisis y manejo de sustancias peligrosas o nocivas en cada producto (Bask & Kuula 2011).
- Re-diseñar los productos para que sus componentes se puedan desmontar fácilmente y así reutilizarlos, reprocesarlos o reciclarlos (Hassini et al. 2012).
- Extender el tiempo de vida de un producto, para reducir la frecuencia de desperdicio de equipos irreparables (Quariguasi et al. 2010)

Estos cambios en el diseño del producto y su interacción con las siguientes fases del ciclo de vida de un producto se representan en el diagrama de la Figura 1.

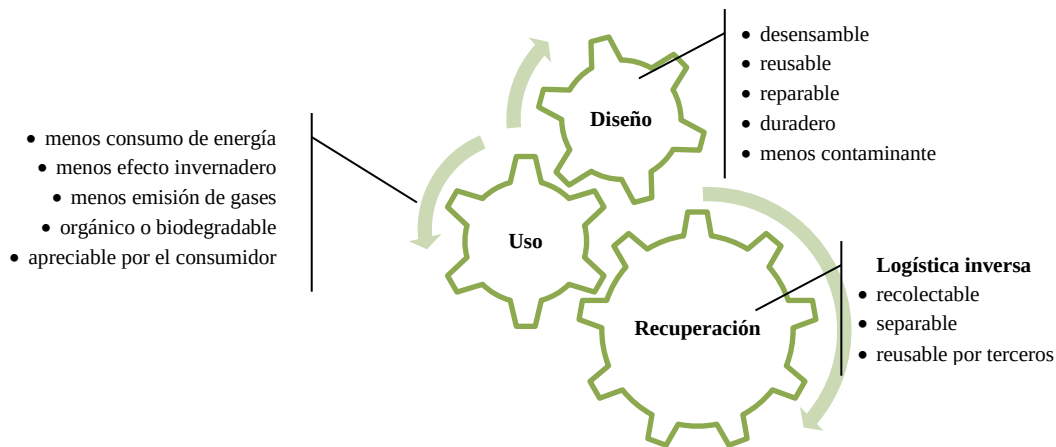


Figura 1 – Secuencia del diseño de productos amigables con el medio ambiente

Logística verde

En el contexto industrial, la logística es el arte y la ciencia de la obtención, producción y distribución de materiales y productos en el lugar adecuado y con las cantidades adecuadas (APICS, 2011). Bajo la perspectiva de enverdecimiento de la cadena de suministros, es necesario incorporar la conciencia ecológica a la realización de las actividades logísticas. Hay dos actividades logísticas que tienen un alto impacto medioambiental y por tanto son importantes candidatas para enverdecerse. La primera se refiere a minimizar el uso de combustible y la cantidad de emisiones durante el transporte de productos, y la segunda a reducir la cantidad de desechos que se producen cuando se eliminan aquellos productos que

sufrieron daños durante su manejo en almacén o que se volvieron obsoletos debido a que se acumuló su inventario. A continuación se describe más sobre cómo enverdecer estos dos elementos.

a) Transporte amigable con el medioambiente

El incremento en las actividades del transporte es resultado de la globalización y el aumento del abasto global. Pero no hay que olvidar que el avance en la transportación ha contribuido a la substracción de recursos fósiles no renovables y que aunque se están buscando fuentes de energía alternativas sustentables, aún no se ha encontrado un sustituto correcto como fuente de combustible. Más que la preocupación por el medioambiente, el continuo incremento en el precio del combustible ha llevado a que las empresas están participando en métodos colaborativos para reducir los costos de transporte. Ante el aumento del costo del transporte, Beamon (2008) dice que la estructura de la cadena de suministro del futuro enfatizará el manufacturar localmente para reducir las distancias de transporte. Es así que el futuro del almacenamiento y los sistemas de distribución tenderán a moverse de la centralización (en donde la producción ocurren en una ubicación distante, las mercancías son enviadas a un centro de distribución central y distribuidos a muchos puntos de demanda) a la descentralización. Mientras que en una cadena de suministro moderna típica, el almacenamiento descentralizado tiende a aumentar los costos de transporte entrantes, la construcción de una fábrica según la capacidad local puede ser más rentable que la centralización del almacenamiento cuando se toman en cuenta los aumentos recientes y proyectados de los costos de los combustibles.

Otra opción para reducir el efecto negativo del transporte sobre el medioambiente son los modelos de ruteo mencionados por Quariguasi et al. (2010), los cuales tienen como objetivo la reducción de kilómetros recorridos. La aplicación de estos métodos representa ahorros significativos para las empresas pero también ventajas ecológicas en términos por ejemplo de una reducción de la emisión de monóxido de carbono, la emisión de gases de efecto invernadero (Guo et al. 2013) y la disminución del congestionamiento vial (Yao & Song 2013).

En el caso del transporte de retornos (ya sea productos devueltos por el consumidor o recuperados por la empresa u otros agentes), Hassini et *al.* (2012) mencionan que la cadena de suministro también tendría que contemplar el transporte de estos flujos inversos. Una buena propuesta para mejorar la capacidad de recuperar materiales devueltos es mencionada por Quariguasi et *al.* (2010), quienes hacen notar que el diseño de la estructura de la cadena inversa -localización de centros para la recolección, sitios para el reciclaje, sitios de re-manufactura y vertederos- puede reducir el costo de transportar los materiales recuperados y también la cantidad de emisiones al ambiente.

b) Manejo verde de materiales y control de inventario

Una técnica importante para reducir los desperdicios consiste en ejercer un control adecuado sobre las materias primas, productos intermedios y finales (Freeman, 1998). El costo de deshacerse de estos materiales incluye no sólo el costo de desecharlos, sino también el de las materias primas o productos perdidos. El costo de deshacerse de estos materiales representa una carga económica muy grande para cualquier compañía por lo cual la implementación de programas efectivos de administración de inventarios que incluyan los costos de procesamiento de desechos ayudaría tanto a reducir su volumen como a incrementar la posibilidad de recuperarlo.

Bajo esta perspectiva, Freeman (1998) propone varias técnicas para la reducción de desperdicios en el control de inventarios:

- Adquirir solo la cantidad de materias primas necesarias para una corrida de producción o para un lapso determinado, haciendo conscientes al departamento de compras de los costos generados por el exceso de materiales. Así como tener especial cuidado con las fechas de caducidad señaladas para las materias primas cuando se colocan las órdenes.
- Elaborar procedimientos de revisión y aprobación para las materias primas adquiridas, y evaluar si contienen elementos peligrosos y de ser así, investigar si los insumos actuales pueden sustituirse por otros menos tóxicos.

- Tratar de utilizar el control de inventarios Justo a Tiempo con la idea de que las materias primas pasen del andén de recepción al área de manufactura para que se usen de inmediato y que se embarque sin que intervenga almacenamiento alguno.

Compra verde

Hassini et al. (2012) introducen la perspectiva “verde” en el proceso de abastecimiento: el suministro o compra verde se entiende como la adquisición de bienes y servicios con el menor impacto sobre el medio ambiente. El abasto verde requiere la coordinación con todos los proveedores de la cadena de suministro y con otras partes involucradas en la gestión ambiental (sociedad y gobierno). Para las empresas líderes en la cadena resulta viable el integrar sus propios sistemas de gestión y políticas ambientales para utilizarlos en sus procesos de selección y control del desempeño del proveedor. A partir de acciones como introducir entre los criterios de evaluación de proveedores la certificación basada en la norma ISO 14001 (Pousa-Lucio, 2006) y el apego a la gestión de sustancias peligrosas según lo establecen las directivas de la Unión Europea (European Commission Environment, 2014), una empresa compradora puede extender el despliegue de acciones de cuidado del medio ambiente hacia sus proveedores. Sobre todo para las empresas multinacionales, cuyos productos se fabrican y distribuyen globalmente, resulta conveniente que sus proveedores conozcan y se alineen con estas directivas entre las cuales destacan la WEEE (Waste of Electrical and Electronic Equipment) que promueve el reciclaje, la reutilización y la recuperación de los residuos de equipos electrónicos para reducir la contaminación; la directiva RoHS (Restriction of Hazardous Substances) que restringe el uso de metales como el plomo, mercurio, cadmio, cromo, y retardadores de flama como los bifenilos polibromados (PBB) y los éteres de bifenilio polibromados (PBDE); y la REACH (Regulation for Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) que regula la producción y el uso de sustancias químicas. El manejo apropiado de los desechos eléctricos y electrónicos (e-waste) y de las sustancias peligrosas antes mencionadas resulta importante para prevenir daños potenciales tanto en la salud humana como en el ecosistema. Si bien la adopción de estas normas no garantiza en sí misma resultados ambientales significativos, si representa una serie de reglas a seguir por todos los miembros

de la cadena de suministro para que implementen prácticas amigables con el medioambiente.

Según Bask y Kuula (2011) es importante para una empresa mantener a sus proveedores actualizados en cuanto a los requerimientos del mercado y lograr su cooperación para reducir el uso de materiales, recursos y desechos. Este mismo autor menciona que deben considerarse indicadores que revelen si la empresa ofrece capacitación en temas ecológicos y exige a sus proveedores el seguimiento de normas ambientales ya que esto demuestra su grado de compromiso con el enverdecimiento de su cadena de suministros. Desarrollar iniciativas de abastecimiento verde y difundirlas hacia los proveedores y otros integrantes de la cadena de suministro conlleva también beneficios de negocios para la organización que las promueven, estos objetivos van desde reducir el costo por la adquisición de materiales y evitar el pago de multas por incumplimiento con regulaciones ambientales hasta el innovar en materiales amigables con el ambiente y fortalecer la imagen empresarial (Green et al., 1998).

Producción limpia

De acuerdo con APICS (2011), en la cadena de suministro sustentable se buscan métodos limpios de producción y la minimización de la huella ambiental de los productos y servicios a partir de una combinación de decisiones que tomen en cuenta al medio ambiente. Así mismo, dice que la producción limpia se centra en:

- minimizar y evitar residuos
- reutilizar desechos cuando sea posible
- recuperar productos al final de la vida útil para re-utilizar o reciclar sus componentes
- prevenir o reducir la contaminación en la fuente
- sustituir materiales tóxicos y peligrosos
- reducir los residuos y contaminantes potenciales en el producto o servicio, así como el transporte al mercado.

A los elementos anteriores habría que agregar el uso de máquinas eficientes energéticamente (Hassini et al. 2012), la mayor utilización de energías renovables y la reducción en el uso de recursos no-renovables.

Uno de los pilares del concepto de Ecología Industrial es el rechazo al desperdicio, esto significa que de alguna forma todo puede ser reutilizado en un proceso completamente diferente (Romero, 2006). De este modo se elimina la necesidad de esparcir residuos sólidos en el ambiente y se reduce la extracción de materias primas. El manejo adecuado de los residuos involucra la recuperación eficiente de grandes cantidades de materiales durante el proceso de producción para reincorporarlo al mismo proceso productivo (Re-utilización) o bien usarlos como insumos en procesos diferentes (Reciclaje), ambas opciones han conducido a la reducción del impacto ambiental de las actividades de manufactura (Quariguasi et al. 2010).

En la reducción del volumen de desperdicio otra opción interesante es la sincronización de actividades en la cadena para asegurarse de que la producción no exceda la demanda, ya que de otra forma habrá sobrantes de productos terminados y posiblemente de materiales. Como ya se hizo notar anteriormente, el incremento en los niveles de inventario a lo largo de toda la cadena, como resultado de una sobre-estimación de la demanda, aumenta la cantidad de desperdicio (Chopra & Meindl 2007). La planeación de inventarios no implica innovación en proceso ni re-uso de materiales, sino que representa otra alternativa de enverdecimiento orientada hacia una producción limpia.

Innovación de procesos y manufactura de ciclo cerrado

La manufactura de ciclo cerrado pretende fabricar un producto sin emisión de contaminantes y sin desperdicio o residuos lo cual implica re-ingeniería de procesos y adopción de nuevas tecnologías de proceso. Para avanzar hacia este sistema cerrado de manufactura, algunas empresas han empezado por cerrar sus cadenas de suministro. En el caso del sector de manufactura de aparatos electrónicos y eléctricos, la antes citada iniciativa WEEE de la Unión Económica ha llevado a las empresas a buscar formas eficientes gestionar el cierre de sus cadenas de suministro. De acuerdo con Beamon (2008),

las cadenas de suministro de ciclo cerrado son las cadenas del futuro ya que al asumir la responsabilidad de re-manufacturar, re-utilizar o reciclar los productos al final de su ciclo de vida en lugar de eliminarlos, se garantiza la sustentabilidad de la cadena como sistema.

Gestión de ciclo de vida

Las cadenas de suministro son responsables del ciclo de vida del producto, desde la adquisición de materiales, la gestión de suministros, la producción de bienes, la distribución de productos, el servicio al cliente y finalmente también de la recuperación y eliminación del producto al final de su ciclo de vida (Bhagwat & Sharma 2007). El enfoque de ciclo de vida del producto proporciona un sistema lógico para determinar el impacto que tienen todas las actividades anteriores sobre el medioambiente y establecer acciones que reduzcan las secuelas ambientales relacionadas con la fabricación, comercialización y uso del producto (Freeman 1998). Al adoptar este sistema, los diseñadores pueden controlar y prevenir mejor el impacto que sobre los varios medios naturales (aire, agua, tierra) tiene el producto en cada una de las etapas de su ciclo de vida.

En el diagrama de la Figura 2, se presenta un flujo general del ciclo de vida del producto basado en el Sistema de Ciclo de Vida del Producto propuesto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) y reportado por Freeman (1998). En esta figura puede apreciarse que en un nivel elemental, los recursos se sustraen de la naturaleza, se procesan y se utilizan una vez convertidos en productos. Después de que estos recursos transformados son utilizados, se recuperan y algunos podrán recibir un tratamiento para que retornen a la etapa de producción mientras que otros serán desechados en algún vertedero, acumulándose como residuos en la tierra y la biosfera.



Figura 2 - Enfoque de ciclo de vida del producto

Fuente: Freeman (2008)

Para facilitar el entendimiento del ciclo de vida del producto, se ha desarrollado la Norma ISO 14,044 (Análisis de Ciclo de Vida, ACV), la cual según Beamon (2005) evalúa el efecto que todos los procesos de entrada (en términos de consumo de energía, agua y materias primas) y las salidas (productos terminados, desperdicios sólidos, emisiones de gases) tienen sobre el medioambiente para así facilitar la identificación de oportunidades para reducir esos impactos.

Aunque esta norma propone una buena guía para evaluar el desempeño ambiental y el impacto ecológico dentro de cada actividad en un proceso productivo, no hace referencia al tiempo de vida de un producto, es decir no considera la importancia de que un producto tenga larga vida para que de este modo sea menor la cantidad de productos que se eliminan al ambiente. Tampoco considera el tiempo que tardaría a un solo producto degradarse en el medio ambiente, y mucho menos considera las acciones necesarias para el manejo de las sustancias peligrosas que contiene el producto al final de su vida útil ni la necesidad de un diseño ecológico que facilite el desensamble y reciclaje de sus componentes.

Logística Inversa

El flujo directo de productos del fabricante al consumidor se revierte cuando los productos son recuperados por la empresa con el fin de recuperar algún valor de éstos y evitar daños al ambiente. La administración de los flujos de producto e información del consumidor al productor es la esencia de la logística inversa. Aun cuando recientemente se reconocen tanto las ventajas económicas como el beneficio ecológico de la logística inversa, muchas empresas no están aún comprometidas en lograr la eficiencia en las actividades de recuperación, clasificación, desensamble, re-trabajo y re-comercialización de los productos que ya terminaron su ciclo de vida útil (Quariguasi *et al.* 2010). Sin embargo, como mencionan Bask & Kuula (2011) para muchas empresas el manejo de productos al final de su vida forma parte de sus operaciones diarias. Además, estos autores establecen que la logística inversa se ha convertido en una nueva oportunidad de negocios para obtener ingresos adicionales de los productos r.

Rogers and Tibben-Lembke (1998) definen a la logística inversa como el proceso de planificación, implementación y control eficiente del flujo de materiales, inventario en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen de la compra, con el fin de recobrar algún valor de los materiales recuperados. Bernon *et al.* (2010) consideran que esta definición es limitada ya que muchos productos son devueltos a un punto de recuperación y no a su punto de origen, y no todos son re-procesados para generar un valor adicional ya que algunos son confinados porque el costo de re-trabajarlos es muy alto. Una definición más amplia para la LI es la proporcionada por la Asociación de Logística Inversa (2009) que la define como toda actividad asociada con un producto o servicio después del punto de venta, con el propósito final de optimizar o hacer más eficiente las actividades de administración de los retornos ya sea en términos de ahorros monetarios o de recursos ambientales.

Según Bernon *et al.* (2010) son pocas las empresas que han desarrollado y formalizado prácticas empresariales para hacer que el producto fluya en sentido contrario en la cadena de suministro, esto ha sido más porque las organizaciones aún no reconocen la importancia de la logística inversa para el negocio que porque tales prácticas no puedan desarrollarse.

En algunos países, sobre todo aquellos que integran la Unión Europea, existen agencias reguladoras que obligan a las empresas a responsabilizarse de la recuperación y correcta eliminación de los productos que fabrican y que el consumidor desecha. Entre las directivas que han contribuido a la implementación del concepto de logística inversa y al cierre de la cadena de suministro destaca la ya citada iniciativa WEEE (Bask & Kuula (2011)). Pero como esta regulación sólo se limita a verificar que cada producto sea debidamente eliminado, no logra incentivar el diseño de productos de tal manera que se reduzca su impacto ambiental en una etapa temprana del ciclo de vida, lo cual mejoraría la durabilidad de sus componentes y aumentaría el tiempo de vida útil del producto (Quariguasi et al., 2010).

Otra cuestión importante cuando se recuperan productos es que la cadena de suministro tendría que asegurar que se puede absorber el retorno en el proceso de fabricación de nuevos bienes lo que se vincularía con el elemento de manufactura cerrada. Empresas como Subaru y Toyota están ya realizando acciones para garantizar la re-inserción de los retornos a sus procesos productivos con miras a operar instalaciones de cero residuos como medio para reducir tanto sus costos de producción como para ayudar al medio ambiente. Es así, que su lema de “cero desechos” aseguraría que ningún producto derivado de sus operaciones terminará en un vertedero (Hassini et al. 2012).

2.2. Factores de influencia para el enverdecimiento de la cadena

En esta sección se discuten aquellos factores que están favoreciendo el enverdecimiento de la cadena así como su influencia en las métricas que establecen las empresas para sus acciones de cuidado del medioambiente. Estos factores pueden ser internos o externos a la empresa.

Factor Internos

a) Responsabilidad Social Empresarial

Según Cajiga (2012), la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) es inherente a la empresa y recientemente se ha convertido en una nueva forma de gestión bajo la cual la empresa busca que sus operaciones sean sustentables al conjuntar objetivos económicos sociales y ambientales a partir del reconocimiento de las expectativas, valores y necesidades de los distintos grupos con los que se relaciona la empresa (*stakeholders*), y

mostrando además respeto a las personas, ética empresarial y compromiso con la comunidad y el medio ambiente. Cuando la empresa realiza acciones pro-ambiente guiada por su RSE, las métricas usadas son dependientes de los objetivos organizacionales definidos en estos proyectos (Carrete et al., 2013) y de tipo no-financiero refiriéndose a la imagen de la empresa, su participación en actividades ecológicas promovidas por organizaciones tanto gubernamentales como no-gubernamentales y la educación del consumidor.

b) Económicos

El enverdecimiento de la cadena puede ser resultado del interés por reducir costos (por ejemplo en consumo de energía), evitar gastos (ejemplo pago de multas impuestas por no realizar una eliminación responsable de productos como lo aplica la Directiva WEEE en su principio de «quien contamina paga» evitar la sanción económica por no recuperar los residuos generados), generar ahorros (por ejemplo asociados a la reducción en el uso de materiales para la fabricación o empaque de productos) o incrementar la rentabilidad (ejemplo al alentar a los consumidores a preferir los productos de la empresa porque éstos son amigables con el ambiente). La influencia del motivador financiero sobre las acciones verdes resulta en el uso de indicadores financieros para el control interno de las actividades de enverdecimiento como son el retorno a la inversión en tecnologías limpias, el costo del tratamiento de desechos o la tasa de productos fabricados/consumo de materiales (Carrete et al., 2013).

Factores Externos

a) Legislación y opinión pública

Las regulaciones ambientales son un factor de influencia importante, sin embargo la presión para enverdecer la cadena de suministro en el futuro estará ejercida no sólo por el gobierno sino también por los mercados, terceras partes y la sociedad en general (Beamon, 2008). Los grupos ambientalistas figuran entre los actores sociales con influencia creciente sobre las decisiones empresariales y las métricas de desempeño de la cadena verde (Hervani et al., 2005). Estos grupos han ejecutado boicots y campañas publicitarias negativas para avergonzar a las compañías que afectan visiblemente al medioambiente o que utilizan la excusa del producto “verde” para incrementar el precio. Mientras que Hassini et al. (2012) indican que terceras partes financieras como organizaciones fondos de

inversión y de pensiones, exigirán de las empresas prácticas sostenibles restringiendo por ejemplo el acceso a los mercados de capital a aquellas empresas que no sean éticas o amigables con el medio ambiente.

b) La influencia de los socios de negocio de la empresa

La influencia de socios de negocios poderosos también determina la realización de acciones a favor del medioambiente. El enverdecimiento de la cadena requiere de involucrar a otros integrantes, pero sólo un pequeño número de empresas han logrado coordinarse para promover acciones ecológicas en conjunto con otros integrantes de la cadena. En el caso de proveedores, empresas como Nokia han definido una serie de requisitos bajo sus proveedores globales, entre los cuales se incluyen aspectos ambientales y sociales basados en las normas internacionales y estándares de las directivas de la Unión Europea que ya hemos mencionado anteriormente. Es así que Nokia requiere que sus proveedores tengan un Sistema de Gestión Medioambiental (EMS), el cual actualiza con frecuencia para cumplir con las autoridades y las necesidades de los clientes (Bask & Kuula 2011). En cuanto a métricas de desempeño, autores como Hervani et al. (2005) señalan la dificultad de incluir las aportaciones de clientes y proveedores directos de la empresa en el desempeño de la cadena verde.

c) Influencia del Mercado

La intensa competencia en el mercado puede obligar a una empresa a ofrecer productos considerados socialmente responsables, verdes o sostenibles; las fuerzas de mercado incluyen entre sus actores principales a los consumidores, las empresas competidoras y los canales de distribución (Hassini et al. 2012). Beamon (2008) remarca que actualmente los consumidores están demandando no solo costo, calidad y servicio, sino también Responsabilidad Ambiental. Sin embargo el mercado de consumidores conscientes de la necesidad del medioambiente está apenas en desarrollo sobre todo en contextos como el de México (Carrete, et al., 2003) por lo cual resulta necesario que la empresa comparta la responsabilidad de informar, educar y convencer a los clientes para que favorezcan entre otras cosas la compra de productos ecológicos (Hassini et al., 2012). Es relevante hacer notar que los atributos ecológicos de un producto (ejemplo usar una fuente de material renovable) no necesariamente resultan en la compra del producto por parte del consumidor, ya que en la ausencia de beneficios directos (precio, eficiencia o durabilidad) los atributos

ecológicos tienden a ignorarse. Es así que, con el fin de comercializar y vender con éxito productos verdes o ecológicos, muchas empresas tendrán que justificar la propuesta de valor a los clientes (Hassini et al. 2012).

De acuerdo con (Björklund et al., 2012) las medidas de desempeño de la cadena verde debería realizarse tomando en cuenta las expectativas de los diferentes grupos de interés o *stakeholders* de la empresa. Un *stakeholder* con gran influencia es el grupo de consumidores finales, ya que son éstos los que toman la decisión final de favorecer o no con su compra a la empresa dependiendo no sólo de su oferta de productos sino también de su imagen. Para los consumidores, las métricas de enverdecimiento tendrían que demostrar no únicamente la ventaja de los atributos ecológicos de un producto sobre el medioambiente, sino también las ventajas que representan para quien lo adquiere. En este sentido, propuestas de medición como la que se ilustra en la figura 3, donde el diseño ecológico se enfocó en extender el tiempo de vida de un producto, resultan relevantes (Quariguasi et al., 2010). Gracias a la mayor durabilidad del producto, se reduce la cantidad de equipos obsoletos que se desechan lo cual representa un beneficio ambiental que posiblemente no sea tan apreciado por todos los consumidores como el ahorro que representa el no tener que sustituir el producto porque su tiempo de vida es corto.

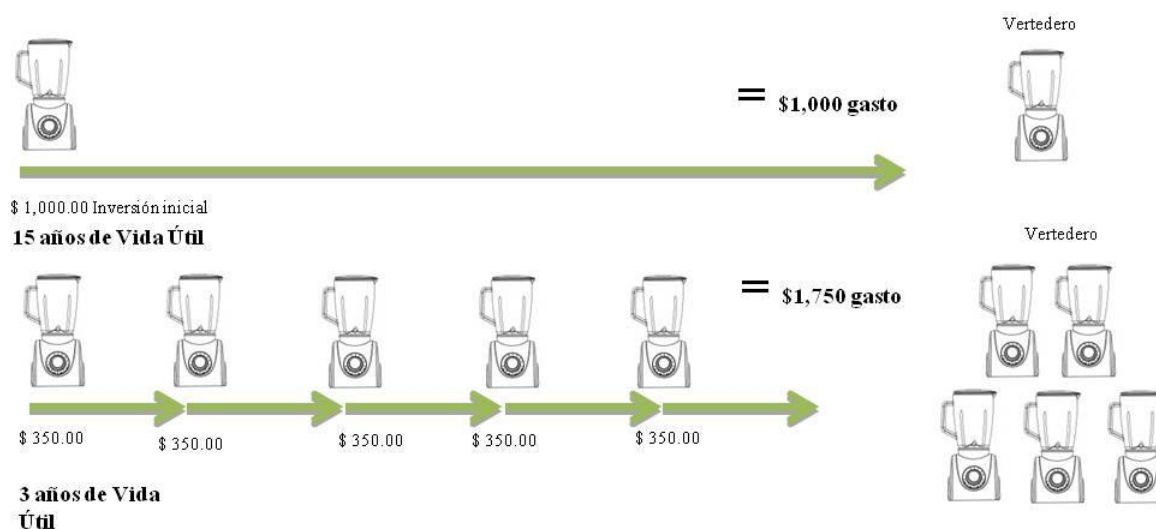


Figura 3. Beneficios al consumidor derivados del diseño de productos durables.

2.3. Medición de la cadena de suministro sustentable

El éxito para los integrantes de cualquier Cadena de Suministro requiere de evaluaciones continuas de oportunidad, riesgos y tendencias. Aunque tradicionalmente las evaluaciones se han llevado a cabo tomando en cuenta factores económicos, políticos y sociales, desde hace algunas décadas apareció en la escena principal una nueva dimensión, el medio ambiente (Romero 2006). Conforme con esto, Quariguasi et al. (2010) y Hervani et al. (2005) dicen que medir puede repercutir en un análisis interno que determina la eficiencia y efectividad de las acciones de enverdecimiento y resulte en un desempeño sustentable.

Bask & Kuula (2011) mencionan la importancia de considerar métricas que incluyan diferentes elementos o dimensiones como son: la responsabilidad ambiental de la cadena de suministro, el uso de sustancias peligrosas, el trabajo colaborativo con proveedores para reducir los impactos ambientales, la información compartida sobre el manejo de sustancias peligrosas con proveedores y clientes y finalmente, la transparencia de la cadena de suministro. En la tabla 1 se muestran indicadores propuestos por este autor, clasificados según los siguientes procesos: Diseño de Productos, Abastecimiento sustentable y Manejo de Productos al Final de su Ciclo de Vida.

Los indicadores relacionados con el Diseño de Productos tienen como objetivos: reducir la cantidad de recurso utilizado para fabricar un producto, reducir el impacto ambiental provocado por el uso del producto, reducir la cantidad de residuos no reciclable en el fin de vida del producto; sobre el Abastecimiento Sustentable, evalúa el grado de involucramiento de los proveedores en cuestiones ambientales; y finalmente, la clasificación para el Manejo de Fin de Vida de los productos, evalúa las operaciones de la logística inversa de una empresa, la cual se enfoca en el manejo de las sustancias peligrosas de algunos productos, así como las actividades de recuperación y distribución de materiales contaminantes y no contaminantes.

Tabla 1. Indicadores propuestos por Bask & Kuula.

Diseño de productos	Abastecimiento sustentable	Manejo de fin de vida
----------------------------	-----------------------------------	------------------------------

El uso de los recursos renovables.	Programa de certificación de proveedores.	Conformidad con directiva WEEE.
El uso de materiales reciclados.	Monitoreo de proveedor.	Programas de devolución de productos que se encuentran en operación (voluntaria o involuntaria).
Diseño para desarmar/reciclaje.	Auditorías de proveedores de primer y segundo nivel.	Reutilización de productos o ventas a los mercados secundarios.
Cumplimiento RoHS en todos los nuevos diseños.	Capacitación de proveedores en temas ambientales.	Adecuación de productos para vender en mercados secundarios.
El uso de certificadores-terceros para tratar los lineamientos.	El intercambio de información sobre control de sustancias peligrosas.	Reintegración de materiales reciclados.
Utilización de las directrices de tratamiento de diseño ecológico.	Uso de los recursos y guías para el tratamiento de desecho de los proveedores.	Porcentaje de recolección autoimpuesto en su lugar.
		Participación voluntaria en las iniciativas mundiales de desarrollo.

Otras métricas para el desempeño de la cadena verde son las propuestas por Hassini et al. (2012), las cuales se describen en la Tabla 2 indicándose si su incremento o reducción es lo que representa un beneficio para el medio ambiente.

Tabla 2. Indicadores propuestos por Hassini y colaboradores

Incremento	Reducción
Proveedores desarrollados con políticas ambientales.	Desperdicio de agua y sólidos
Contratos con proveedores locales.	Consumo de materiales tóxicos y peligrosos
Material reciclado.	Frecuencia de accidentes ambientales
Compra de materiales amigables con el	Energía consumida

medio ambiente. Envíos menos contaminantes.	
--	--

Si bien el citado autor propone indicadores de desempeño específicos, también reconoce que hay mucho trabajo por desarrollar para proponer un esquema de medición para la cadena verde, entre los puntos que destaca están

- Hay escasez de investigación y discusión de indicadores sustentables.
- Algunas de las energías renovables utilizadas en la producción o el transporte, no son tan eficientes como los combustibles fósiles, además algunas de estas también contaminan.
- Las áreas de Investigación y Desarrollo (R&D) necesitan encontrar materiales sustitutos no tóxicos que consuman menos energía o sean biodegradables.
- Socialmente la compañía debe influir en su fuerza laboral y comunidad para que también desarrollen prácticas verdes.
- Las compañías deben generar reportes ambientales que transparentes sus prácticas verdes, a través de la certificación de organismos externos.
- Aunque existen indicadores ambientales, existen dificultades para desarrollar una medición del desempeño confiable ya que es muy difícil decidir cual utilizar, cuándo y cómo.
- Existe incompatibilidad entre los indicadores operativos internos y los indicadores externos de toda la cadena de suministro.
- Falta de organismo de supervisión que controle la cadena de suministro.
- Falta de confianza en las relaciones inter-organizacionales y temor de compartir información con otros integrantes de la cadena.
- Dificultades para alinear las operaciones de toda la cadena de suministro.
- Dificultades en la coordinación de la competencia.
- La medición del desempeño puede cambiar con el tiempo.

Björklund y colaboradores (2012) comparten la preocupación por la escasa investigación sobre cómo medir el desempeño de la cadena verde después de realizar una revisión y análisis de artículos publicados sobre el tema de métricas para el desempeño de la cadena verde. Estos autores desarrollan un marco de clasificación multi-dimensional para las

métricas de la cadena verde el cual se resume en la tabla 3 y demuestran la conveniencia de su aplicabilidad en un caso estudio.

Tabla 3. Dimensiones del marco multi-dimensional para la medición del desempeño de la cadena verde

Dimensión	Descripción
Perspectiva de los grupos de interés o <i>stakeholders</i>	Métricas que correspondan a las expectativas, demandas y valores de cada grupo de interés
Propósito de la medición	Métricas financieras y no-financieras que permitan evaluar el avance de las actividades de enverdecimiento, identificar oportunidades de mejora y determinar relaciones costo/beneficios para las actividades de enverdecimiento
Nivel de medición	Métricas a varios niveles administrativos que apoyen las decisiones estratégicas (inversión en tecnologías amigables con el ambiente), tácticas (evaluación de proveedores incorporando criterios medioambientales) y operativas (ruteo de vehículos). Métricas de este tipo resultan en una mejor alineación entre la estrategia de negocios y la administración de la cadena verde.
Medición a lo largo de la cadena	Métricas no únicamente a nivel de las áreas funcionales o para los programas de la empresa, sino para los procesos completos de la cadena y para todos sus integrantes (por ejemplo compromiso de proveedores y clientes)
Métricas combinadas	Métricas que reflejen tanto los beneficios para la empresa (ahorros en la utilización de materiales, costos de la recuperación de productos, reducción en el consumo de agua y energía, etc.) como para el medioambiente (tasa de reciclaje,

	reducción en la cantidad de desechos sólidos, volumen de agua tratada, reducción en las emisiones durante el transporte, etc.)
--	--

Fuente: Elaborado a partir del trabajo de Björklund et al. (2012)

3. Propuesta para la Medición del Enverdecimiento de la Cadena de Suministros

A partir de la revisión de la literatura realizada, cerramos este capítulo con una propuesta de indicadores de desempeño sustentables que permitan evaluar el enverdecimiento o responsabilidad ecológica a lo largo de todos los eslabones de la cadena de suministro, considerando para cada uno de estos enlaces las dimensiones social, económica y de sustentabilidad.

El marco de referencia para la medición considera diferentes niveles, entendiendo un nivel inferior es más fácil de lograr que el superior siguiente: Reducir, Reusar, Reciclar, Mejorar de calidad de vida-social y Beneficio económico). Por ejemplo en el nivel “Reducir” la cantidad de desechos en los vertederos a corto plazo se propone que para el eslabón “proveedor” se mida: el porcentaje de productos con materiales renovables que surten los proveedores y el porcentaje de proveedores certificados en la norma ISO 14001. Para el siguiente eslabón de la cadena, producción, para “Reducir” el desecho en vertederos se sugiere medir el porcentaje de productos biodegradables que se fabrican, la reducción en el uso de sustancias peligrosas, la reducción de emisiones contaminantes durante el proceso de fabricación y la reducción de energía usada para la fabricación de productos. Mientras que para el eslabón de distribución, se propone cuantificar el volumen de empaques biodegradables y el porcentaje de envíos sin regresos vacíos. Para el nivel “Reducción” el eslabón del consumidor tiene la mayor cantidad de indicadores ya que la reducción de desechos depende mucho de las decisiones de compra del consumidor.

En el segundo nivel, “Reusar” se requiere un poco más de esfuerzo, ya que se si se pretende re-ingresar materiales al proceso productivo, tendría que haber primero un programa de manejo de productos al final de su ciclo de vida en el cual estarían involucrados los eslabones de distribución y consumidor. Aquí es relevante aclarar que “Reusar” se refiere a

re-utilizar componentes y materiales de los productos fabricados por la empresa en sus mismos procesos productivos y eventualmente en los procesos de otras empresas con las que se establezcan vínculos. En este nivel de “Reusar” también están considerados aquellos materiales de empaque del producto que pueden ser re-utilizados en el mismo proceso, para este tipo de materiales el eslabón más fuerte es el distribuidor, ya que sería el encargado de retornar los embalajes, envases y empaques en los que recibe el producto.

El tercer nivel llamado “Reciclar” se refiere a reincorporar los materiales y componentes de productos recuperados que no fueron fabricados en esta cadena. La utilización de materiales reciclados provenientes de otra cadena requiere de una gestión adicional e implica que éstos fueron diseñados de tal forma que resulta fácil su desensamble como para que un tercero lo realice y a través de su intervención puedan ser canalizados para su “Reciclaje” en la empresa. Cabe indicar que “Reciclar” no incluye el reciclaje de productos no fabricados por la empresa como sería el caso de papel o envases de vidrio o pet ya que las cadenas de suministro pueden hacer más en términos sustentables, que promover el acopio de reciclables.

En el cuarto nivel, están los indicadores relacionadas con la dimensión social del desarrollo sustentable, donde el desempeño se mide en términos de mejora en la calidad de vida. Los indicadores sugeridos son porcentaje de proveedores desarrollados con términos sustentables, transportistas elegidos porque utilizan vehículos menos contaminantes, porcentaje de compras verdes, así como la transparencia con el cumplimiento de indicadores sustentables tanto en los procesos productivos y la distribución de productos, además de acciones para concientizar al consumidor sobre el cuidado del medio ambiente.

Finalmente en el último nivel están indicadores que buscan alinear los beneficios económicos de cada uno de los miembros de la cadena de suministro con la continuidad o sustentabilidad de la cadena de suministro, así como indicadores relacionados con la oferta de productos sustentables a precios accesibles y la recuperación de valor de los productos recuperados.

Tabla 4. Propuesta de medición para el Enverdecimiento de la Cadena de Suministro
en todos sus eslabones

PROVEEDOR PRODUCTOR DISTRIBUIDOR CONSUMIDOR				ST
Prevenir el desabasto de materias primas no renovables.	Garantizar la sustentabilidad de la cadena de suministro	Comercialización de una oferta de productos sustentables que fortalezcan imagen del canal y garanticen su viabilidad	Acceso a productos amigables con el ambiente con valor adicional para el consumo respecto a oferta existente	META
% de materiales renovables que abastece % de materiales que suministra que son reciclables % de materiales no-renovables recuperados	Consumo de energía y agua Tasa de productos fabricados/consume de recursos % de materiales reciclados % de desechos por volumen de producto fabricado % de ventas verdes respecto al total de ventas	% de incremento en las ventas por ofertar productos sustentables	% de productos amigables con el medio ambiente con precios de venta competitivos. % del precio de un producto que un cliente recupera por devolver un producto.	ECONÓMICO beneficio
% de proveedores desarrollados con términos sostenibles certificados. % de proveedores seleccionados por usar transporte menos contaminante. % de proveedores locales contratados.	% de transparencia o cumplimiento de indicadores sustentables % de requisitos satisfechos por parte de organismos certificadores para la cadena de suministro verde % de productos elaborados con energía renovable.	% de entregas con transporte menos contaminante. % de entregas fijadas con modelos de optimización para el ruteo % de uso de energías renovables para la distribución de productos	% de ventas destinado a programas para la reforestación y descontaminación % de zonas ecológicas que se preserva % de conservación del paisaje	SOCIAL mejorar calidad de vida

% de materiales que abastece el productor y que recupera para su re-uso % de empaque/envase que se recupera (retorna) para su reutilización	% de productos con un diseño que facilita el desensamble al final del ciclo de vida del producto. % del total de productos vendidos que son recuperados % de productos re-manufacturados que se colocan en mercados secundarios % del embalaje/envase que se reutiliza	% de embalaje que se vuelve a usar en la misma cadena. % de empaque con fin de vida que se vuelve a usar (refill). % de embalaje/envase reusable	% de productos adquiridos a la empresa que reutiliza el consumidor (uso para otros fines o bien que se cede a otros consumidores)	otro proceso REUSAR
% de material reciclado en un producto (scrap)	% de productos fabricados que utilizan materiales reciclados % del producto fabricado que es reciclable	% de sitios de distribución donde se reciben productos al final de su ciclo de vida % de empaques y envases que elaborados con materiales reciclados	% de productos que adquiere de la empresa que retorna para su reciclaje	mismo proceso RECICLAR
% de proveedores certificados ISO 14001 (Gestión del Medio Ambiente).	% de productos biodegradables % de productos en los que se ha reducido la cantidad de material ya sea insumo o de empaque % de productos en los que se redujo la cantidad de sustancias peligrosas. % de reducción de emisiones contaminantes durante el proceso. % de reducción de energía usada por producto	% de empaques biodegradables % de envíos que participaron en programas de “transportes vacíos” (no regresos vacíos).	% de productos de la empresa que superan el tiempo de vida de la competencia. % de reducción en la frecuencia de compra de bienes y servicios % de reducción en la cantidad de agua y energía que consumen los productos adquiridos a la empresa	desechar el vertedero REDUCIR

Es importante destacar que el conjunto de métricas sugeridas en la Tabla 4 solo cubren la intersección de la dimensión ambiental con la social y económica a lo largo de los eslabones directos de la cadena, es decir no comprenden todas aquellas métricas que miden

la participación de terceras partes, proveedores de los proveedores, etc. Tampoco se incluyen explícitamente los indicadores relacionados con la norma ISO 14001 ya que se supone que cada miembro de la cadena es responsable de atender a estas métricas para su certificación. Estos indicadores también dejan fuera las actividades internas que la empresa productora realiza para influir sobre sus proveedores, empleados y consumidores con el fin de que apoyen el cuidado al medio ambiente. Por tanto la propuesta de medición elaborada va en línea básicamente con dos de las dimensiones de medición para la cadena verde sugeridas por Björklund *et al.*, (2012): medición a través de la cadena de suministro y combinación de métricas; sólo en parte se aborda también la dimensión de perspectiva de los grupos de interés de la empresa (*stakeholders*). La mayoría de las métricas están expresadas en porcentajes, ya que se espera que las métricas sean internamente comparables y que el porcentaje de actividades sustentables se incremente a través del tiempo para que reflejen la evolución de la cadena de suministro verde (Hervani, 2005).

4. Conclusiones

En cuanto a la primera pregunta de investigación planteada se tiene que hay múltiples acciones a favor del medioambiente que se pueden implementar dentro de cada uno de los procesos de la cadena, desde el abasto hasta la recuperación de productos, por lo cual la medición del enverdecimiento de la cadena debe incluir métricas diversas en cada eslabón y proceso. También es relevante incluir métricas que van más allá de la actual medición económica y de volúmenes de desecho y consumo de recursos, para ello se recomienda realizar un análisis de ciclo de vida de vida del producto para derivar medidas más significativas. La cadena de suministro verde demanda cambios en los sistemas de producción y distribución, los cuales se integrarán a ciclos cerrados para reducir el uso de materiales y el desperdicio así como la cantidad de energía necesaria para la producción. En esta cadena verde, la participación y cooperación de otros integrantes resulta esencial para garantizar su sustentabilidad.

En respuesta a la segunda pregunta de investigación planteada, se identifica la necesidad de medir el nivel de avance que logren las industrias comprometidas con el abastecimiento sustentable considerando indicadores de desempeño que van más allá de los propuestos en

legislación gubernamental de México. La consideración de todos aquellos factores internos y externos que fomentan/inhiben el envejecimiento permitirá ampliar el bloque de indicadores y consideran elementos como el diseño para el desensamble, la sustitución de materiales por otros menos contaminantes y la recuperación de productos al final de su ciclo de vida.

Para atender a la tercera pregunta de investigación se sugiere tomar como referente la propuesta descrita en la tabla 4, en el entendido de que ésta puede complementarse con otras métricas que aborden de manera más detallada los beneficios medioambientales que resultan de una actitud pro-activa de las empresas por implementar acciones verdes a lo largo de todos los procesos de su cadena de suministros.

Referencias

APICS (2011). *APICS Operations Management Body of Knowledge Framework*, (3rd Ed.). Chicago: APICS The Association for Operations Management.

Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics: Supply Chain Management*, 5th. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Bask, A. & Kuula, A. (2011). Measuring Supply Chain Level Environmental Sustainability, case Nokia, *International Journal of Business Insights & Transformation*, 3 (3), 16-24.

Beamon, B. M. (2005). Environmental and Sustainability Ethics in Supply Chain Management, *Science and Engineering Ethics*, 11 (2), 221-234.

Beamon, B. M. (2008). Sustainability and the Future of Supply Chain Management, *Operations and Supply Chain Management*, 1 (1), 4-18.

Bernon, M., Rossi, S., y Cullen, J. (2010). Retail Reverse Logistics: a Call and Grounding Framework for Research, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41 (5), 484-510.

Bhagwat, B., y Sharma, M. (2007). Performance Measurement of Supply Chain, *Production Planning & Control*, 18 (8), 666-680.

Björklund, M., Martinsen, U. y Abrahamsson, M. (2012). Performance Measurements in the Greening of Supply Chains, *Supply Chain Management: An International Journal*, 17 (1), 29-39.

Cajiga, J.F. (2012). The Concept of Corporate Social Responsibility, Centro Mexicano para la Filantropía, A.C. disponible en http://www.cemefi.org/esr/images/stories/pdf/esr/concepto_esr.pdf

Chopra, S., & Meindl, P., (2007). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Coyle, J. J., Bardi, E. J., y Langley, C. J. Jr. (1996). *The Management of Business Logistics*, 6ta. Ed. Mason, OH: West Publishing.

Diccionario de la lengua española (DRAE). La edición actual 22.^a, publicada en 2001, recuperado el día 20 de diciembre de 2013 de sitio web <http://www.rae.es/>

European Comission (2014). Environment. Disponible en: http://ec.europa.eu/environment/index_en.htm

Freeman, M.H., (1998). *Manual de Prevención de la Contaminación Industrial*. New York: McGraw Hill.

Global Reporting TM (2011), Guide for the Preparation of Sustainability Reports G3.1. Recuperado el 2 de febrero de 2013, de: The GRI Resource Library Section Web site: www.globalreporting.org/resourcelibrary/Spanish-MSS.pdf

Guo, L., Huang, S., y Sadek, A.W. (2013). An Evaluation of Environmental Benefits of Time-Dependent Green Routing in the Greater Buffalo–Niagara Region. *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*, 17 (1), 18-30.

Hassini, E., Surti, C., y Searcy, C. (2012). A Literature Review and a Case Study of Sustainable Supply Chains with a Focus on Metrics, *International Journal of Production Economics*, 140 (1), 69-82.

Hervani, A. A., Helms, M. M. y Sarkis, J. (2005). Performance Measurement for Green Supply Chain Management, *Benchmarking: An International Journal*, 12 (4), 330-353.

Green, K., Morton, B. y New, S. (1998). Green Purchasing and Supply Policies: Do They Improve Companies' Environmental Performance? *Supply Chain Management: An International Journal*, 3 (2), 89-95.

Quariguasi F. N. J., Walther, G., Bloemhof, J., Van-Nunen, J.A.E.E., y Spengler, T. (2010) From Closed-loop to Sustainable Supply Chains: the WEEE Case, *International Journal of Production Research*, 48 (15), 4463-4481.

Pousa Lucio, X. M. (2006). *ISO 14001. Un Sistema de Gestión Medioambiental*. Vigo, España: Ideaspropias Editorial.

Rao, P. (2007). Greening of the Supply Chain: An Empirical Study for SMES in the Philippine Context, *Journal of Asia Business Studies*, 1 (2), 55-66.

Rogers, D.S. y Tibben-Lembke, R.S. (1998). Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices, *Reverse Logistics Executive Council*, Reno, NV.

Romero-Hernández, O., Muñoz-Negrón, D. y Romero-Hernández, S. (2006). Introducción a la Ingeniería. Un Enfoque Industrial. México: Thomson.

So, S., Parker, D. y Xu, H., (2012). A conceptual Framework for Adopting Sustainability in the Supply Chain, *Proceedings of the 10th ANZAM Operations, Supply Chain and Services Management Symposium*. Melbourne, VIC, Australia, 14-15 June, 397-413.

Yao, E. y Song, Y. (2013). *Study on Eco-Route Planning Algorithm and Environmental Impact Assessment*, *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations*, 17 (1), 42-53.



Universidad Tecnológica de Puebla



Otorga el presente:

Reconocimiento a

a:

Marisol Reyes Alcántara

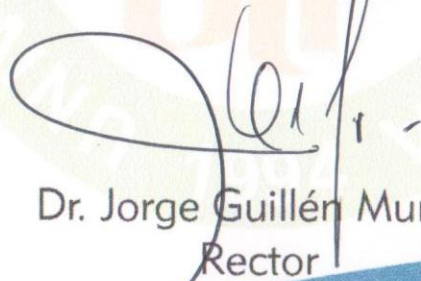
Por su Conferencia titulada

*“Una Propuesta para la Medición del Enverdecimiento de la
Cadena de Suministro”*

Dentro del Marco del Ciclo de Conferencias «Ciencia Compartida»

Educación Tecnológica para el Progreso Social

Puebla, Pue., 02 de diciembre de 2014



Dr. Jorge Guillén Muñoz
Rector



RECTORIA



CISCO SYSTEMS



"2014, Año de Octavio Paz"
"2014, Año de la Pluriculturalidad en Puebla"

Puebla, Pue. Mayo 2014

Buenos días:

Estamos trabajando en un estudio que servirá para *encontrar los desafíos que enfrentarán nuestros egresados* de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Puebla. Estos jóvenes requieren de su ayuda para estar enfrentar los retos logísticos específicos de la Industria del Plástico de la localidad.

Necesitamos de su apoyo para conocer *cuáles son los inconvenientes más frecuentes que le impiden a su empresa entregar pedidos a sus clientes* en el momento comprometido.

Con estos *resultados* nos comprometemos a *generar instrumentos que permitan una mejor articulación operativa interna entre los procesos productivos y el área logística*, así como su enlace con los otros miembros de la cadena productiva de dicho sector.

Quisiéramos pedir su ayuda para que conteste algunas preguntas, esto no llevarán más de **10 minutos**. Sus respuestas serán confidenciales y anónimas. Las opiniones de todos los encuestados serán sumadas e incluidas en un informe, pero nunca se comunicarán datos individuales, usted podrá ver que el documento adjunto no incluye campos para sus datos personales, ni identificación de su empresa. Además, nos comprometemos a enviarle una copia de los resultados.

Le pedimos que conteste este cuestionario con la mayor sinceridad posible. No hay respuestas correctas ni incorrectas. Lea las instrucciones cuidadosamente, ya que existen preguntas en las que sólo se puede responder una opción; otras son en base a la frecuencia y los dos últimos conjuntos deberá anotar qué situación se presenta en primer lugar, cual en segundo y así sucesivamente.

Anexo la encuesta que esperamos nos haga favor de contestar, anticipándole que está comunidad académica, estará muy agradecida por su colaboración.

Ing. José Belarmino Bueno Moneda
Director de la División de Ingeniería Industrial
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PUEBLA

Objetivo: Estudiar los factores relacionados con el servicio de entrega de productos
Instrucción: Marque por favor, el nivel que corresponda a cada una de la siguientes preguntas.

☐ Mexicana ☐ Norteamericana ☐ Europea ☐ Asiática ☐ Otro

☐ Micro (<10) ☐ Pequeña (11 a 49) ☐ Mediana (50 a 249) ☐ Grande (>250)

☐ Tier 0 ☐ Tier 1 ☐ Tier 2 ☐ Tier 3 ☐ Otro

Nunca	La mayoría de las veces	Algunas veces si, otras veces no	La mayoría de las veces	Siempre
1	2	3	4	5

[illegible]

	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

el exceso de tiempo programado para la inspección de productos

atender otros pedidos pendientes de entregar



A comparative local study of the causes that affect the development of delivering of products on time

Journal:	<i>International Journal of Production Research</i>
Manuscript ID:	TPRS-2015-IJPR-0454
Manuscript Type:	Original Manuscript
Date Submitted by the Author:	23-Mar-2015
Complete List of Authors:	Reyes-Alcantar, Marisol; Universidad Tecnológica de Puebla, Industrial Engineering
Keywords:	MULTIVARIATE STATISTICS, LEAD-TIME REDUCTION, INVENTORY CONTROL, PERFORMANCE MEASURES
Keywords (user):	Logistics

SCHOLARONE™
Manuscripts

For Peer Review Only

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

To appear in the *International Journal of Production Research*
Vol. 00, No. 00, 00 Month 20XX, 1–16

Literature review for a comparative local study of the causes that affect the
development of delivering of products on time in the plastic industry

M. Reyes-Alcantar^{a*} and M. B. Bernábe-Loranca^b

^aUniversidad Tecnológica de Puebla, México, Puebla; ^bBenemérita Universidad Autónoma de Puebla
BUAP, México, Puebla

(Received 00 Month 20XX; final version received 00 Month 20XX)

The competitiveness among providers is measured not only in the attributes of price and quality of products, but also in the time that takes to deliver the product after it has being solicited by the client. That Delivery time not only needs to be reduced to minimize costs, but also it must be punctual to guarantee the permanence of the industry in the supply chain. An empirical research carried out in 30 industries of Plastics transformation of a locality, reveals that there are internal and external causes that affect the deliveries on time, the comparison of such causes was performed through some methods of Multivariate statistical analysis , with the objective of finding out common situations that show necessities of the section. An empirical study finds out that there exist specific needs in the packaging material and reveals through components analysis the main factors related with different situations caused by the suppliers, the production areas and logistics.

Keywords: logistics performance measurement; on time delivery; delivery delays; factor analysis

1. Introduction

The present research identifies the most frequent causes that originate difficulties to achieve with one of the main indicators of logistics development (IDL) also called On- time delivery (OTD). This study was applied specifically in a locality conformed by many Plastic transformation industries (ITP). Firstly, there were identified different causes that originated problems to reach OTD in a research field performed in three ITP of different size and product types with different storage levels also called “Tier”. After the identification of the causes, it emerged the interest of research if these situations were presented in other companies, with the objective of homogenize the needs in the local sector and tools that enhance a better logistics performance. The structure of this document is composed of a review of literature about different indicators of logistics performance (MDL) published by different authors and their proposed classifications. Then, the importance of the indicator of on time delivery (OTD) are presented because the importance to measure the fulfillment among the chains of supply (CS). After reviewing the literature, it was built instruments to collect information in which the different causes that originate difficulties with the fulfillment of delivery to clients, identifying those internal and external causes. Finally an analysis of the factors and results in the study followed by some conclusions are presented.

*Corresponding author. Email: marisolreyesalcantar@gmail.com

2. Review of Literature

2.1 Performance Measurement

Nowadays the quality product, on time delivery and production flexibility are the primary competitive factors for manufacturers (Karim et al. 2010; Iyer, Germain, and Frankwick 2004). Although these elements as competitive factors are identified, some customers are more sensitive to lead time, service level other and some are susceptible to price (Qian 2013).

Besides these elements maximize customer value, Simchi-Levi, Kaminsky, and Simchi-Levi (2000) referred to by Iyer, Germain, and Frankwick (2004), mentions that improvement of service output indicates the degree of success of the strategy of the chain of supply, and if this output is not acceptable, Beamon (1999) mentions that customers will turn to other chain of supply. Therefore, the output service in terms of logistics performance is measured in many chains right through fulfillment of Lead Time (LT) or On Time Delivery (OTD).

Then, On Time delivery (OTD) is one of the most important goals of the logistical activities necessary the fulfillment through a performance indicator to analyze the factors that cause difficulties for compliance. Added to this, Gunasekaran, Patel, and Tirtiroglu (2001), acknowledges that there have been many efforts on various aspects and areas of Supply Chain Management (SCM) but until recently little attention has been paid to performance and corresponding indicators.

Besides there is little attention from companies about measuring using these metrics, because “the vast amount of available performance measures makes it difficult the selection of performance measures” (Beamon 1999), also “companies are having trouble identifying which measurement is more important and following an order and achieving improved logistics performance” (Bhagwat and Sharma 2007), possibly because “they have lack of knowledge to develop effective performance measures and necessary indicators to achieve a fully integrated chain of supply” (Gunasekaran, Patel, and Tirtiroglu 2001).

For Beamon (1999), this lack of knowledge presents the following questions: “What measure?, How integrated are the many individual measurements within a measurement system? How often do you need to measure? How and when are the measurements reevaluated?”

But another problem mentioned by Karim et al. (2010), of procedures to improve performance OTD (On Time Delivery) is that managers are more concerned about the weaknesses of their own departments, and they do not want to reveal them. But this author proposes that the responsibility for non-delivery should be shared rather than individual divisions to achieve acceptance.

2.2 Structure and Indicators

Reyes-Alcantar and Bernabe-Loranca (2014) mention that several authors have classified and defined the diversity of indicators related to the activities of provision and logistics such. Lambert and Harrington (1989), Neely, Gregory, and Platts (1995) Beamon (1999), Gunasekaran, Patel, and Tirtiroglu (2001), Chan (2003), Gunasekaran, Patel, and McGaughey (2004), Bask and Kuula (2011), Hassini, Surti, and Searcy (2012), etc. However, one of the most transcendental classifications of this research has been that of Harding (1998), cited by Novack and Thomas (2004), who constructs a matrix of measurement of logistics performance using three areas of importance: 1) importance to client, 2) performance of the company, 3) Improved cost / time. His idea was to let the companies to identify those areas which were to improve logistics performance while cost / time elements were resources that are needed to be spent to improve the service right through the identification of internal and external factors of the company.

As shown above, there is great diversity and several classifications of performance indicators, but is almost nil in the review of literature is a structure that facilitates its application. Thus Reyes-Alcantar and Bernabe-Loranca (2014), proposed a structure for the application of metric performance staged in a phased manner, i.e., once you have settled the application of the first metrics, the culture and acceptance of the measurement of performance may grow and then will be able

to apply new indicators. In the initial stage called Reliability, one should first demonstrate the reliability of the connection between the links to the members of a chain of supply. In a second stage is necessary to demonstrate internally the Profitability of resources invested in logistic activities. In the third stage a competitive organization must be able to adapt nimbly to technological innovation, so this stage is called Flexibility, which will measure the speed with which the organization adapts to change. Finally, only those organizations that have evolved in the measurement of performance will be responsible enough to take their commitment to protect the environment and adapt their systems in support of Sustainable Development. The proposal of these authors of retaken indicators for each stage is shown in Table 1.

Table 1. Indicators of Evolutionary Model for Measuring the Logistical Performance (Reyes-Alcantar and Bernabe-Loranca 2014)

Stage	Performance Metrics for Logistic
<i>Reliability</i>	Fill Rate (percentage of immediate delivery) Lead Time (delivery order), On - Time Delivery (Delivery time) Cycle Time of the Order (Cycle Time Order) Backorders (Backordering) % Invoiced deliveries without failure (invoices, delivery without error,% Perfect Order (Percent Perfect Orders)
<i>Profitability</i>	Distribution costs, manage inventory costs, Inventory Turnover, Cash to Cash (cash flow) inventory.
<i>Flexibility</i>	fast response to changes in the order, Quick introduction of new products, reduction in time, by the use of information technology (IT's, EDI, Internet, SAP), Readiness to respond to the needs of friendly Green products.
<i>Sustainable Responsibility</i>	% of recycled material in a product, % of kinds of products with recycled content, % of product types in design for disassembly to product life, % of products have become ecological materials, % of products or packages with end of life, they are resubmitted to the same process, % of products with environmentally friendly packaging, % of finished products that can be used third party, % of products or packages collected at the end of its life, product % not exceed the allowable limits of hazardous substances according to RoHS and WEEE standards.

2.3 KPI Delivery Reliability

Reyes-Alcantar and Bernabe-Loranca (2014) proposes a step or evolution of logistics performance measurement, Novack and Thomas (2004) also mentioned that there has been an evolution in the approach to measurement-oriented to distribution costs (**internal focus**) to an emphasis on multiple measurements processes to logistics costs and outages (**external focus**). Although these authors speak of external and internal approaches, as the objectives of our research, they do not identify external factors that could be influencing the output of the above service mentioned. However, Novack and Thomas (2004) note that the current challenge is what to measure? Because the step in the evolution of logistics performance is joining, this performance with another indicator of success, both internal and external. But to achieve success for some indicator as mentioned by this author, it is necessary to avoid failure (defined by the Royal Spanish Academy, as "failure or adverse outcome of an undertaking or business"), so it is necessary to identify all the possible causes that do not allow a desired result in a company or to interfere with the natural development within the delivery process customer orders and to ensure customer compliance or concept Perfect Order (PO) proposed by Cooke (2001) who defines the OP, as "an order that is delivered on time, at the right time, in the right place, in the right quantity, to the right customer, undamaged and without billing errors ". Therefore, any neglect on the expected elements of a perfect order, certainly cause a late delivery (Delay order).

2.4 Indicators of time in perfect order

Undoubtedly one of the most important elements of the perfect order is the time, because it is substantial to identify what is the importance of each one, and the relevance of the indicator selected for this research. Therefore, logistics performance indicators demonstrating greater reliability on the relation of the links in the chain of supply, according to Reyes-Alcantar and Bernabe-Loranca (2014) are: Percentage of immediate deliveries, Delivery Time and on Time Delivery. The following part describes each author's opinion.

Fill Rate- FR (Immediate Delivery Rate): Beamon (1999) and Chan (2003) mention that the proportion of orders filled immediately is the percentage managed to fill from the target. Reyes-Alcantar and Bernabe-Loranca (2014), mention that the FR covers the need to deliver orders to customers when they need it. Although, this would require a great amount of the level of finished goods inventory if demand cannot be anticipated correctly. But it takes more than inventory management to achieve high levels of performance OTD according Vastag and Whybark (2005), reported by Karim et al. (2010).

Lead Time - LT (Delivery Time): Beamon (1999) defines it as the waiting time required distributing certain product and he calculates this indicator as the amount of time between the order request and the corresponding delivery order. To Turki, Hennequin, and Sauera (2013), the delivery time is the period of time the material requires between a machine and a client and usually has a big impact on performance measures such as time of response to customers and work in process.

Gunasekaran, Patel, and Tirtiroglu (2001), mentions that there should be consistency in the delivery time for not reducing reliability as a supplier and not lower the level of customer service. Qian (2013) mentions that the restrictions of delivery reliability are bounded by the internal reliability of delivery times. These activities that do not allow internal stability in the delivery time may be according to Gunasekaran, Patel, and Tirtiroglu (2001): bottlenecks, inefficient processes and fluctuations in the volume of orders handled. But this author does not explain the internal causes that affect the LT.

Qian (2013) also says that it may be different delivery times for the same product with different prices due to speed of transportation to be used, or the reduction of price in longer delivery. this broad flexibility of time, is mentioned by Szwejcowski, Mapes, and New (1997), as conventional wisdom, where long lead times give the opportunity to effectively plan production and thus achieve high delivery performance, but the same author mentions us that this assumption is no longer applied; the results of his research indicate a reverse situation, since companies that estimate short lead times, do better than companies that expect long delivery. By the way, cut costs by reducing delivery time, also creates customer worth (Mahmoud-Jouini, Midler, and Garel 2004), reported by Karim et al. (2010).

However, we have to be careful when trying to reduce the costs about On-time delivery, because according to Qian (2013), although it can be a reduction in the cost, the demand via cost reduction increases, scarifying or impacting on the fulfillment in the On- time delivery, the level of service or quality. But it cannot be forgotten what this author mentions, that the search worth (price or delivering time) depends on the market characteristics.

Iyer, Germain, and Frankwick (2004), does not mention that the on-time delivering depends of a market, but of the kind of hoped service, according to the production system JIT (Just –in- time) in which is not more important the cycle longitude of the order, but the On time delivery to the client.

On Time Delivery – OTD: It is important to mention that there exists a narrow relationship between LT and OTD, and if the time of on time delivery would be extended an inconformity could occur in the OTD. Although the OTD is susceptible to many internal and external causes as it is going to be shown later. It is also curious mentioning that many organizations believe that it is important to reduce the LT, but it must be important according to the worth given to this indicator by the client, because if the client is willing to wait for a longer delivery time, the organization should not only strive to fulfill with the LT planned, but also to commit with the on

time delivery OTD according to the agreed time.

Beamon (1999) says that the orders delivered on time can be assessed in different ways. The first, called “delayed products”, which can be calculated by subtracting the date of delivery unless the due date; in the second form, delayed orders average is calculated by adding the delayed orders and dividing the number of them by the number of commands in a period of time; the third way to evaluate the orders delivered on time is the percentage of orders in time can be calculated by adding the orders delivery on or before the due date. According to Chan (2003) it can be determined as the percentage of orders delivered on or before the due date. For Gunasekaran, Patel, and McGaughey (2004) are one-time delivery of products.

Once identified that the timely delivery is more important for a client than size of delivery time, the literature was reviewed in the way they managed a customer order to compare the sequence and thus compare the studied sector to identify critical activities in our study.

2.5 Order Management Process

Karim et al. (2010) mention that traditional organizations do not have functional units for on-time deliveries, so the OTD indicator has received minimal attention. Thus, the interactions of all these activities require according to these authors, a measure of inter-functional performance, as the performance of on-time delivery (OTD) because the on-time delivery or waiting time cannot be treated in isolation.

Karim et al. (2010), study the process to be followed by a production order and finds opportunities for improvement across traditional functional areas: sales, logistics and finance; as the work progresses since the initial sales order till the payment collect from the customer, agreeing this with the end of the mentioned perfect order “without errors in billing.”

The model proposed by Karim et al. (2010) for the management of process customer orders, does not only considers the procurement process, but also incorporates additional processes that improve the performance of on-time delivery, such as: Material Requirements Planning (MPR), an important element also in the area studied to achieve on-time deliveries. The Capacity of Requirements in Planning (CRP) and the Distribution of Requirements in Planning (DRP) and manufacturing execution.

It is important to mention that, the MRP CRP and DRP planning systems are little used in little and medium enterprises as the investment costs of these tools represent a significant investment and cannot be absorbed by the companies.

Respect to the importance of analysis of the sequence of the order proposed by Karim et al. (2010) to improve performance of on-time deliveries, we will establish ideas related from various authors on the components involved in the sequence order (input-processing-delivery) that are related to the causes studied in our research.

2.6 Process of order entry and e-commerce

All processing of a request, starts with a “Proposal Order Service” which will become a “Commitment Order” once it is released (Release) by both parts. This kind of release is preceded by the probing of material availability, delivery time necessary for the purchases and production capacity available (Karim et al. 2010). This type of activities’ integration is only possible, according to Karim et al. (2010), when the process of needs plan relies on real-time database. Iyer, Germain, and Frankwick (2004) also says that to obtain the most important information managers implement e-commerce, such as EDI, that increases operational benefits permitting a more accurately, faster response and foremost a real-time visibility of inventory and orders, facilitating delivery performance. But later, the investigation of Iyer, Germain, and Frankwick (2004) concludes that it is not supported that the impact of e-commerce in the delivery performance could be universal.

But Karim et al. (2010) mention that although there have been proposed integrated databases in the literature since some years it is still not practiced by many companies. Associated to this Iyer,

Germain, and Frankwick (2004), mention that the unpredictable demand can adversely affect the deployment of technology, as some companies are not able to predict demand because they are not able to develop accurate forecasts. Thus, the latter authors mention that companies may be less likely to invest in technologies such as electronic commerce when they do not expect a significant improvement in predicting demand.

No doubt the adoption of electronic commerce mitigates the impact, providing visibility and speed to better manage production schedules, inventory levels and shipping arrangements output (Iyer, Germain, and Frankwick 2004). Therefore, according to these authors, the uncertainty of the process should relate favorably to e- electronic commerce application and it also suggests responding with **advanced technology** to external factors such as the **unpredictability of demand** and **turbulence** processes.

2.7 *Electronic- Trade and Inventory Systems*

As mentioned earlier e-commerce displays the real-time inventory availability, but there is a contradiction discussed by various authors about inventory levels. Next we show the advantages of the high level of inventory and its relationship to performance of delivery orders, as well as the advantages that occupy this strategy.

2.8 *Inventory and delivery times*

Certainly, as Iyer, Germain, and Frankwick (2004), the highest rates of inventory down lead times, improve flexibility and reduces errors among other dimensions of performance. Also, Izui et al. (2010), mention that you can reduce the delivery time of products while maintaining high levels of inventory of components, but they say that besides being very expensive, it is very risky due to the short life cycle of certain products.

Turki, Hennequin, and Sauera (2013), mention that the inventory serves to dampen demand variability, so he presents a model for planning supplies and the value of the optimal level of buffer under uncertainty of waiting times, considering the costs of maintaining articles in stock and costs of lost sales caused by the shortage.

Izui et al. (2010) proposes versatile inventory through the balance of levels of inventory levels of common components derived of product family design and reducing delivery times. But according to this author, the advantage of the common components depends on the pattern of demand.

Note that in the review of the literature we realized inventory levels and their relation to the satisfaction of delivery to customers that has been studied, but none of the authors mentioned, that there are delays due to OTD inadequate system of identification of inventories, since the lack of it, causes not finding timely material companies tend to buy more supplies than they really need in a determined time. Neither the difficulty caused in certain chains mentioned, manage within their inventory special containers owned by customers for shipment of finished products, as sometimes products production was planned, but if they do not have the special containers for the corresponding packaging, packing is difficult, obviously causing delay of delivery. Thus, this hypothesis states:

H_1 : *There are internal common causes originated by the logistics function that difficult on time deliveries.*

2.9 *Inventory Systems – JIT*

As mentioned above any level of inventories generate certain costs, but Ha, Li, and Ng (2003) points out, that providers need incentives to assume the additional cost of holding inventory and provide just on time deliveries for the customer. A strategy to reduce inventory levels and therefore

to reduce the cost of inventory, but generates more transport costs is mentioned by Akbalika and Penz (2011), who compared the deliveries Just-In-Time (JIT) and deliveries with “windows time”. It should be noted that when deliveries with time windows are mentioned it means that an order can done in several deliveries, even in the same day. Respect to the above point Chiu and Huang (2003), say that delivery activities in a supply chain JIT make frequent on time deliveries with small amounts, but should have a close provider-purchaser relationship. Likewise, the Manual Toyota (1995), reported by Ha, Li, and Ng (2003) states the objectives of the implementation of JIT for logistical operations as “common parts shipments transported in small deliveries”.

2.10 JIT and frequency

Ha, Li, and Ng (2003) have investigated the role of frequency of delivery as a competitive advantage among providers being (direct effect) and price competition (moderate effect). Also they say that the client controls the frequency of delivery, and they strategically would increase the frequency of deliveries to cut costs. These distortions in controlling delivery frequencies are higher when are determined by the customer rather than the providers, and therefore the system performance is deteriorated more in the first case. Moreover, the customer gains more power and therefore reduces the cost by controlling prices rather deliveries (Ha, Li, and Ng 2003).

2.11 Supplier frequency

In addition to the frequency of delivery to customers, there is another element of delivery that should be considered in the first links in the chain, the providers. for example, Ha, Li, and Ng (2003), mention that providers not necessarily delivered in equal time intervals, each manages its LT, and also these authors mention that there would not be time deliveries if they were relying solely on an unreliable service provider. Moreover, relating to the uncertainty in providers (Dolgui and Ould-Louly 2002) referred by Turki, Hennequin, and Sauera (2013), presented a model for supplies planning under uncertainty timeout, such as the cost of keeping the items and the cost of lost sales.

So, according to Karim et al. (2010), the service provider’s ability to deliver components required, and also the inventory level must be known, because sometimes the sales manager accepts delivery dates without knowing this information, causing delays in timely delivery, given the lack of communication between sales, purchasing and production. So it is established the following hypothesis to be tested:

H₂: There are common mishaps caused by external providers on time deliveries.

Other cause detected in the research field is that it has not been mentioned by the authors who study time deliveries, the availability of packaging materials and packaging for the on time delivery and the conditions of some providers for the sale for example, the discounts in volume or the minimal conditions on the sale of specialized resin impairment that causes delay deliveries because the processing industries consider purchasing, storing, producing and sending certain amount of product with some investment, but when investment in materials increases when they do not have customers, it causes that before buying stock they look for storehouse for the quantity of no processed bought product or seek a competitor who is willing to share the sale. For these reasons it is also established the following hypothesis to be tested:

H₃: The types of materials used by the ITP are external common causes that hinder on time deliveries.

2.12 Production and delivery on time

About production lines, Izui et al. (2010), mention that the processes that operate on short-term delivery, can be adapted quickly to changes in **unpredictable demand**, and permit the reduction of inventory levels in post-production process stages. Concerning reductions, Low, Li, and Chang (2013), mention that although the concept of zero inventory in the production and delivery problems has been widely discussed in many industries, they cannot be inventoried due to the short time of its useful life.

On the other side Turki, Hennequin, and Sauera (2013) mention that the level of cushioning inventory (buffer) depends on the production rate, however this speed can be interfered by accidental causes such as the average time of machines failure, the average of repairment of the machine and changes in demand as an element of failure in on time delivery. Iyer, Germain, and Frankwick (2004) defines the disturbance process, as rate, unpredictability and volatility of changes in logistics and production processes in industry (Miller 1987; Miller and Droge 1986).

According to Iyer, Germain, and Frankwick (2004), the uncertainty of the process also generates a need to link face to face (face to face) more intensive and the creation of devices to respond to contingencies (Germain 1996; Miller 1987). Low, Li, and Chang (2013), states that traditionally it have been separated the research of the sequence in machines programming and the deliveries of orders without effective coordination, so taking two decisions no would produce an optimal overall solution. However, these authors propose a way of programming the production of order delivery to minimize the total time completion while satisfying the requirements of the “time windows” of each dealer.

In addition to the programming of deliveries of orders, Ha, Li, and Ng (2003) also speaks of other issues that affect the performance of delivery, such as uncertainty demand and asymmetric information (RAE, defines it as no exact match on shape).

Achrol and Stern (1988); Celly and Frazier (1996), referred by Iyer, Germain, and Frankwick (2004), study two components of **environmental uncertainty**: unpredictability of demand and turbulence of the process, the latter mentioned above is known as uncertainty of the process or failure of the machines. **The unpredictability demand**, Iyer, Germain, and Frankwick (2004), mention it as the uncertainty and the inability to accurately predict sales and market trends, according to Achrol and Stern (1988) and Celly and Frazier (1996). This unpredictability is because the data recorded sales provide little reliable information (Celly and Frazier 1996).

Another type of unpredictability happens when the company makes no prediction of failure or risk analysis at the beginning of the production, working in the mode called “firefighting” when the faults occur (Karim et al. 2010). One consequence of this is the rework repairing some products causing delays in delivery.

However, in this study we detected in field research that domestic factors are related to internal logistics activities and the activities of the production area, such as no monitoring the MRP, bad timing for not considering waste (scrap, losses purges etc.), insufficient capacity, excess production of products not yet required, the preparation time of the machine by changing the order and excess time scheduled for the “liberation” of product by quality auditors. So it is necessary to check the following hypothesis:

H₄: there are internal common causes arising in the area of production hampering deliveries on time.

Below in Table 2, a synthesis of the topics discussed by various authors related to deliveries on time and loss delivery times are shown. It is important mentioning that it is very limited application of statistical techniques to find performance causes.

Table 2. Topics discussed by various authors related to deliveries on time and loss delivery times

Activity	Topic	Reference
Time delivery studies/delivery on time	Facing the randomness of time right through delivery time buffer policies and emergency loans	Chiu and Huang (2003)
	Analyzes price and delivery frequency in the competition between providers	Ha, Li, and Ng (2003)
	Analyses e-commerce to improve performance of on-time delivery	Iyer, Germain, and Frankwick (2004)
	Balance between inventory levels and delivery times right through the design of common components	Izui et al. (2010)
	Processing to improve the performance of deliveries OTD (On time delivery)	Karim et al. (2010)
	Comparison of policies just in time delivery and time windows	Akbalika and Penz (2011)
	structure for the diagnosis of performance reliability in delivering business-to-order manufacturing	Soepenbergh, Land, and Gaalman (2012)

3. Research Methodology

Once defined the scope of the study and inquiry in literature to learn how logistics performance is measured, there were carried our field investigations in three plastic processing industries where common causes that caused delayed deliveries of customers' orders (non-OTD). In this empirical activity internal and external logistical factors affecting delivery time guarantee referred by Qian (2013) were found. Thus, with the collected information it was proceed to develop an instrument to collect information that measures the frequency and relationship between the causes identified in these industries.

This instrument for information collection contains causes grouped according to the operational area involved in the different processes of customer orders delivery (PEOC), such as: suppliers, production, and warehouse-logistics.

We have other sub-classification of causes as factors or external causes: 14 items related to the different materials that are supplied in the plastics transformation and their packaging and packaging materials; 8 items related to providers' difficulties. On the other hand, as internal factors or causes there are 6 causes (items) originated by the production area and other 6 causes related to the logistics area.

Once the instrument is designed and passed through its validity tests with two or three managers of logistics and the plastics Camera sector delegate in a locality, the survey was conducted in 30 upstream industries of terminated plastic components for the automotive industry products, appliances, medical equipment, household products, packaging, etc. Note that these companies ranged from the size of the company, the nationality of the initial investment and the level of supplier it occupies in the supply chain, but the comparative analysis is not presented in this article.

Subsequently, for data analysis was used software MINITAB 14 and SPSS 18. From there were analyzed the descriptive statistics analysis, the principal components to reduce the causes and there were analyzed the relationships of these causes.

4. Data analysis

According to the causes identified in three industries of plastic processing of a locality and the experience of four logistics managers in this sector, 24 variables were defined as being comparable to cause late delivery of customer orders, collecting one total of 30 surveys. The first two groups of variables are external causes: type of material and proceedings by the suppliers, each one was analyzed separately. But the internal causes, originated by the area of production and logistics

had to be joined into one group, in order that analysis could be feasible according to the evidence of principal component analysis.

According to the grouping of related causes two types of scale were used: Linker Scale and range scale and this because each required a very specific form of assessment to compare the relevance between its group cause. Therefore, tests to assess the reliability and validity of the scale were the Cronbach's alpha and Spearman's Rho coefficients (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, and Baptista-Lucio 2006; de-la Garza-Garcia, Morales-Serrano, and Gonzáles-Cavazos 2013).

The variables classification, the type of items, the code, the result of the reliability test, the mean and the asymmetry of these responses is shown in Table 3. Subsequently, reduction of items, the determinant of the correlation matrix of each group and the load factor causes of each component for each group of variables (causes) are shown in Table 4.

In Table 4, there can be observed the results of 844 and 858 of Cronbach's alpha coefficient for the initial materials and 14 causes corresponding providers 8, where a higher Cronbach's alpha coefficient of 0.60 is considered acceptable for new scales (Wanger and Bode 2008). Also the values of the mean and standard deviation values of each item are observed. It is important to note that the values of the materials group averages are the lowest of all groups, it means that most of the answers are "never-1" or "most of the time no-2" cause difficulties in accomplishing with the deliveries to its customers, but as seen in Figure 1, there are some respondents who answered "sometimes yes, sometimes no-3", "most of the time yes-4" and "always-5", this can also be seen in Table 3, the highest mean values (M2, M5 and M12) which also have the highest values in their standard deviations, which means that there was more variation, because there was frequency confirmation causes.

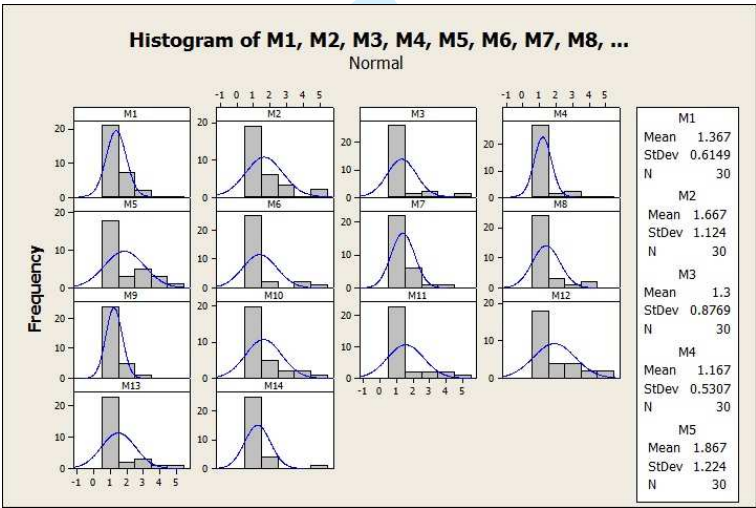


Figure 1. Distribution of causes types of non-time deliveries from the types of materials.

On the other side, although in the causes' group "measures of suppliers" there were higher averages values than in the types of materials, its values of asymmetry exhibited a more reduced positive bias, meaning that there were more normal distribution between the five values of the scale, or frequency in the answers "sometimes yes, sometimes no-3", "most of the time yes-4" and "always-5", which can be seen in Figure 2.

The third section of Table 3 shows that the type of ordinal scale range, allows a more observable comparison between these causes, as exposed the mean values were higher, but we have to remember that in this type of scale, the highest level values caused less difficulties to deliver orders on time as in the case of P5, P6, L5 and L6 causes. These last four variables also have a negative asymmetry value, which means that the frequency of responses had a bias to the right of

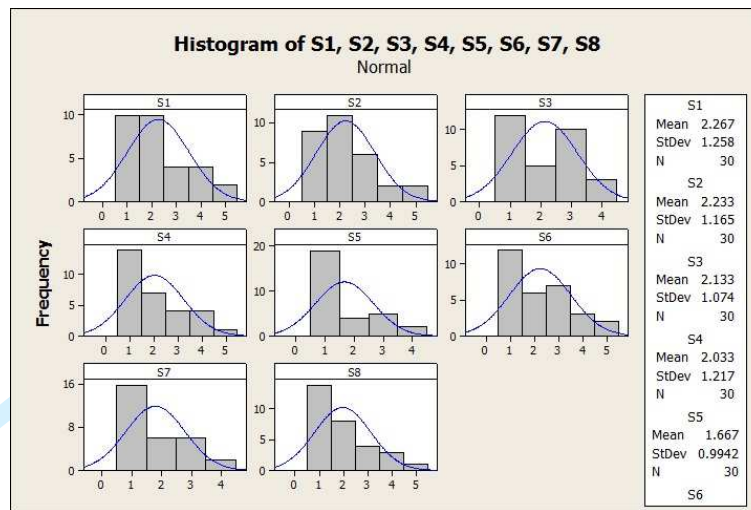


Figure 2. Distribution of causes types of non-time deliveries caused by various measures of suppliers.

the mean, place where are located the least that occupy position of causes (see figures 3 and 4).

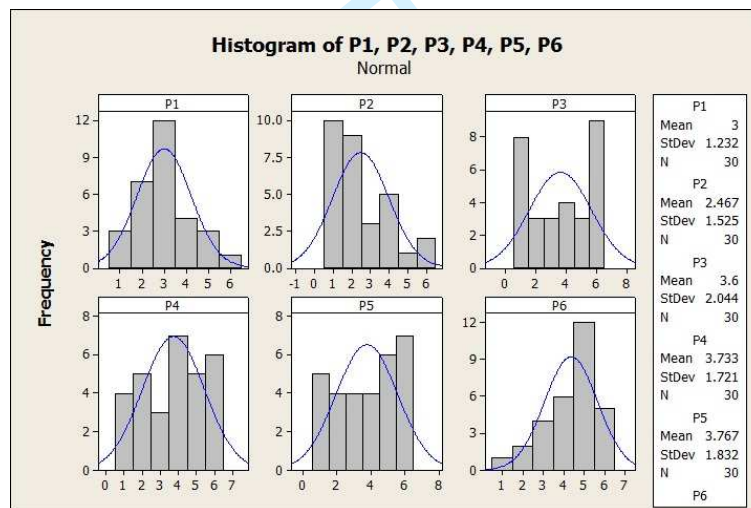


Figure 3. Distribution of frequencies causes of non-time deliveries caused by the production area.

As shown in Table 4, according to the method of principal component analysis the number of variables was reduced until the test correlation (R) were consummated, sampling adequacy (KMO) test and collinearity (p-value) (de-la Garza-Garcia, Morales-Serrano, and Gonzáles-Cavazos 2013). It is also shown that the factor loadings of each component are higher than 0.50, this value considered as an established standard to validate the convergence as stated by Wanger and Bode (2008).

Thus, it was possible to test hypotheses, sustaining statistically that all null hypotheses are rejected and alternatives are accepted, so there are internal and external common causes in the plastics processing industry that cause difficulties to deliver on time customer orders.

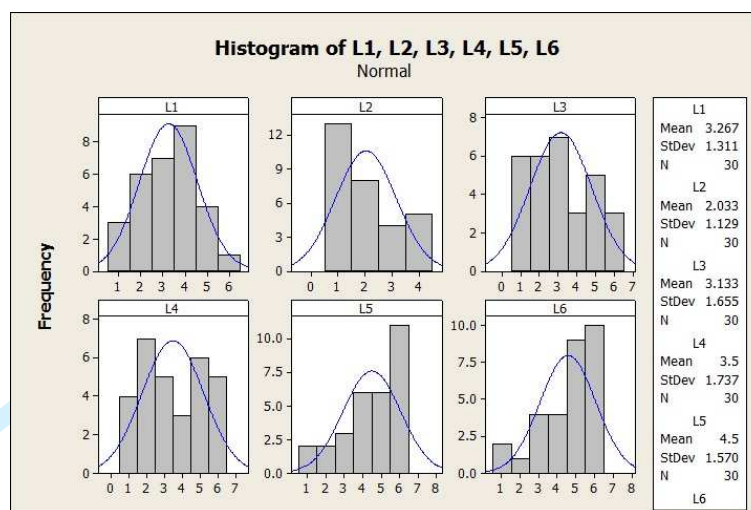


Figure 4. Distribution of frequencies causes of non-time deliveries caused by the logistics area.

5. Summary of results

In this paper the common causes that caused difficulties in the “delivery time” (On-Time Delivery) were studied. This was a very important measure to satisfy the logistics service providers of plastics processing industries in the town. The results were achieved through the use of descriptive statistics, principal component analysis, cluster analysis, scatter diagram, main effects and correspondence analysis.

Descriptive statistics allowed a general preliminary analysis, which underlines that the supply of paints for plastics and specialty resins are materials that were causing more delay in deliveries (M5, M2). It is also observed that racks and containers or cartons boxes used for packaging of finished products, caused delays for not having them and in the moment have to be developed (M12, M10). Also it is perceived that suppliers causing delivery delays due to delivery times they handle were very large or exceeded the agreed delivery date (S1, S2), at other times there are delays because providers handle certain sizes larger than the amount of lots required, which causes these companies take time to supply because they are in search of a partner who will to buy the amount of excess material (S6).

About internal factors influencing time delivery, it is perceived the lack of production schedules monitoring collectively with material requirements planning (MRP) and the lack of consideration of waste (P1, P2). However, in the results of a further study about major components, the cause of the improper use of production schedules and MRP has been eliminated in reduction of factors. Continuing with the internal factors identified in logistics, more marked situations as the cause of non-time delivery, were the “inaccurate inventory” and “serve other backorders” (L2, L6).

To clarify previous detections, it was used the Principal Component Analysis Tool (ACP) to reduce the number of common causes or original variables in specific components of the factors classified as external and internal to clarify previous detections, according to this study, which are shown below. The causes of materials (external factor) were reduced to three named components, one for specific materials in the automotive area and two others for various packing materials.

For related causes to providers three components remained. The first component is related to the need to prepare a proper inventory level to cover the scheduled shipments; the second component is related to uncontrollable external factors such as lack of national suppliers of resin, fixed batch sizes, surplus to stated delivery times and changes of agreements. The third component, contemplates only an external factor is that can be controlled and it can be adapted to the planning of supply, although the delivery time provider be extensive.

Among the internal factors related to production and logistics, the ACP deduced only a cause of production (wrong scheduling for not considering waste) but logistical reasons have more load on

Table 3. Measures

Causes	Items (response test/code items)	Mean	Standard deviation	Asymmetry
Materials Type^a External Causes Ordinal-Linkert Reliability test .844 ^a	commodity or virgin resin /M1	1.37	.615	1.503
	especialized resine /M2	1.67	1.124	1.969
	masterbatch /M3	1.30	.877	3.294
	pigments/ M4	1.17	.531	3.159
	plastic paint /M5	1.87	1.224	1.117
	pelleted /M6	1.40	1.037	2.670
	polistrech /M7	1.37	.718	2.298
	polibubble/M8	1.37	.850	2.431
	nylon bags/M9	1.23	.504	2.431
	carton/M10/M10	1.63	1.098	1.812
	cardboard separators/M11	1.53	1.106	2.041
	containers or rack/M12	1.87	1.279	1.324
	metal parts/M13	1.50	1.042	2.154
	testing laboratorios/M14	1.27	.785	4.060
Measures of suppliers^a External Causes Ordinal-Linkert Reliability test .858 ^a	extended delivery time?/S1	2.27	1.258	.794
	excess on the agreed delivery time?/S2	2.23	1.165	.912
	Insufficient levels of inventory?/S3	2.13	1.074	.255
	lack of national resin?/S4	2.03	1.217	.916
	does not meet the requirements, although the annual prediction is delivered /S5	1.67	.994	1.195
	sales minimum size is much larger than the required amount? /S6	2.23	1.278	.968
	the quantity shipped raw material does not correspond to what is required? /S7	1.80	.997	.878
	change released by the supplier? /S8	1.97	1.159	1.065
Production and Logistics^b Internal Causes Ordinal-Rank Reliability test .858 ^b	no monitoring program production or MRP /P1	3.00		.474
	wrong scheduling for not considering waste /P2	2.47		.942
	insufficient installed capacity /P3	3.60		-.089
	excess production of products not required /P4	3.75		-.208
	inspection of products preparation time machine by changing the order/P5	3.77		-.243
	excess scheduled time for the inspection /P6	4.37		-.848
	inadequate level of inventory to cover sales /L1	3.27		-.040
	inventory inaccuracy /L2	2.03		.701
	inadequate system of identifying inventory /L3	3.13		.311
	absence in store packaging materials order /L4	3.50		.085
	lack of containers provided by the clients /L5	4.50		-.859
	address other backorders to deliver /L6	4.57		-1.02

^aQuestion: From the following causes, how much would cause difficulties to accomplish with the delivery of customer orders? Qualification: "Never-1, most of the time No -2, sometimes yes or no-3, most of the time yes-4, always-5". Testing reliability of the scale: Cronbach's Alpha

^bQuestion: From the following causes, how much would cause difficulties to accomplish with the delivery of customer orders? Qualification: (1-6 pointscale: first-ultimate cause). Test of reliability of the scale: Spearman Rho.

their autovalues.

The last major components detected in this study were called: 1) Planning and inventory control for time delivering, composed by, "inadequate level" and "inventory inaccuracy" more "waste programming". The second component, called prevention and management of inventory inaccuracy to improve "the inadequate level of inventory to meet sales" and the difference between the "real inventory and the estimated under control system".

Table 4. Factor analysis of the causes of delay deliveries

<i>Items/code(response test)</i>	<i>Items Reduction</i>	<i>Component/Factor Loading</i>			<i>Tests of convenience of factors analysis</i>
Material types	11	1	2	3	
specialized resin/ M2		.783			$R^a = .000$ $KMO^b = .588$ $p - value^c = .000$ $186.40 > 73.31^d$ H_a is accepted "correlation exists between data"
masterbatch /M3		.841			
painting for plastic /M5		.518			
metal parts /M13 M13		.881			
testing laboratories /M14		.918			
pelleted /M6			.844		
polibubble /M8			.869		
cartons /M10			.802		
containers or rack /M12			.665		
nylon bags /M9				.814	
cardboard separators /M11				.822	
Measures of suppliers	8	1	2	3	$R^a = .014$
Does the current provider have not sufficient inventory levels? S3		.753			$KMO^b = .778$ $p - value^c = .000$ $109.08 > 37.65^d$ H_a is accepted "correlation exists between data"
the provider does not meet the requirements, although it would send the annual forecast in advance? S5		.921			
the quantity of shipped raw material does not correspond to what is required? S7		.789			
the supplier exceeds the agreed delivery time? S2			.657		
Lack of domestic suppliers of resin? S4			.727		
Sales minimum size is much larger than the amount required? S6			.794		
Release changed by the supplier? S8			.867		
the supplier delivery time is very long? S1				.907	
Production & Logistics	5	1	2		$R^a = .478$
wrong scheduling for not considering waste /P2		.518			$KMO^b = .568$ $p - value^c = .03$ $19.89 > 15.99^d$ H_a is accepted "correlation exists between data"
inventory inaccuracy /L2		-.651			
inadequate level of inventory to cover sales /L1			-.617		
delays due to improper identification system inventory /L3			-.684		
absence in store packaging materials Order /L4			.777		

^aDeterminant of the matrix correlations. Close to 0, "R" value indicates the convenience of analyzing the problem by analyzing factors; if, on the contrary it is close to 1 show that the analysis cannot must be performed.

^bMeasure of sampling adequacy -KMO. Where $KMO > .500$ indicates an optimum value of how strong and appropriate solution would be possible to find.

^cIf $p - value < .05$ reject H_o and accept H_a , so it is concluded that there is statistical evidence that the errors follow a normal distribution.

^dBartlett's test of sphericity. If $x_c^2 > x_{t,a}^2$ reject H_o and accept H_a , and concludes that whether to use the technique of factor analysis to summarize the information in the database, because there is a correlation between the variables.

6. Conclusions

The aim of this research was satisfactorily completed. A factor analysis yielded important results to identify internal and external common causes that caused trouble making deliveries "Just in time" in the locality plastic processing industry.

The results demonstrate the need to promote the development of cardboard material suppliers and show that depending on the type of customer that these plastic industries have, they might have different requirements on packing and package.

As a result of variables reduction that causes difficulties in delivery, we observe that there is only one cause highly charged related to the production area and there are four related to the

area of logistics. The one related to production is called in this study “wrong scheduling for not considering waste” and the variables related to logistics area are associated to failures in the control and management of inventory, which are reflected as inaccurate inventory, lack of inventory identification and inadequate inventory levels. So it is recommended that this sector devote more attention to the roles of management and inventory control to improve logistics performance.

Hypotheses were all accepted, since answers of respondents provided a common cause to classify between this sector external and internal factors affecting on-time deliveries.

This work leaves out the schedule of delivery routes and the vehicles capacity to transport products and the processing of purchase of delivery orders, since in this sector situations of disagreement were no presented during the field study.

7. Recommendations

Researchers interested in continuing our research could focus on the factor of accuracy and inventory management and its influence on time deliveries and deepen the effects of the lack of standardization in preparing activities to reduce machine times purges and calibrations injection of machines that are used in this sector.

Finally, one of the general recommendations for the sector is the use of metrics to identify if the scheduled time for the preparation of the machines was accomplished, and if not, look for activities that achieve better compliance with production scheduling, without affecting the committed delivery times with the provider also include another indicator for the total preventive maintenance as variable influence on time deliveries.

References

- Achrol, R.S., and L.W. Stern. 1988. “Environmental determinants of decision-making uncertainty in marketing channels.” *Journal of Marketing Research* 25 (1): 36–50.
- Akbalika, A., and B. Penz. 2011. “Comparison of just-in-time and time window delivery policies for a single-item capacitated lot sizing problem.” *International Journal of Production Research* 49 (9): 2567–2585.
- Bask, A., and A. Kuula. 2011. “Measuring supply chain level environmental sustainability - case nokia.” *International Journal of Business Insights and Transformation* 3 (3): 16–24.
- Beamon, B.M. 1999. “Measuring supply chain performance.” *International Journal of Operations and Production Management* 19 (3): 275–292.
- Bhagwat, B., and M. Sharma. 2007. “Performance Measurement of Supply Chain.” *Production Planning and Control* 666–680.
- Celly, K.S., and G. Frazier. 1996. “Outcome-based and behavior-based coordination efforts in channel relationships.” *Journal of Marketing Research* 33 (2): 200–210.
- Chan, F. 2003. “Performance measurement in a supply chain.” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 534–548.
- Chiu, H. N., and H. L. Huang. 2003. “A multi-echelon integrated JIT inventory model using the time buffer and emergency borrowing policies to deal with random delivery lead times.” *International Journal of Production Research* 41 (3): 2911–2931.
- Cooke, J. 2001. “Measuring value: who should measure your performance?.” *Logistics* 45–48.
- de-la Garza-Garcia, J., B.N. Morales-Serrano, and B.A. Gonzáles-Cavazos. 2013. *Multivariate Statistical Analysis*. México: Mc Graw Hill.
- Dolgui, M. A., and M. A. Ould-Louly. 2002. “A model for supply planning under lead time uncertainty.” *International Journal on Production Economics* 78 (2): 145–152.
- Germain, R. 1996. “The role of context and structure in radical and incremental logistics innovation adoption.” *Journal of Business Research* 35 (2): 117–127.
- Gunasekaran, A., C. Patel, and R. E. McGaughey. 2004. “A framework for supply chain performance measurement.” *International Journal of Production Economics* 87 (3): 333–347.
- Gunasekaran, A., C. Patel, and E. Tirtiroglu. 2001. “Performance measures and metrics in a supply chain environment.” *International Journal of Operations and Production Management* 21 (1/2): 71–87.

- 1 Ha, A.Y., L. Li, and S.M. Ng. 2003. "Price and delivery logistics competition in a supply chain." *Management*
- 2 *Science , INFORMS* 49 (9): 1139–1153.
- 3
- 4 Harding, F. E. 1998. "Logistics service provider quality: private measurement, evaluation, and improvement."
- 5 *Journal of Business Logistics* 19 (1): 103–120.
- 6 Hassini, E., C. Surti, and C. Searcy. 2012. "A literature review and a case study of sustainable supply chains
- 7 with a focus on metrics." *International Journal of Production Economics* 140 (1): 69–82.
- 8 Hernández-Sampieri, R., C. Fernández-Collado, and P. Baptista-Lucio. 2006. *Research methodology*. México:
- 9 Mc Graw Hill.
- 10 Iyer, K.N.S., R. Germain, and G.L. Frankwick. 2004. "Supply chain B2B e-commerce and time-based delivery
- 11 performance." *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 34 (8): 645–661.
- 12 Izui, K., S. Nishiwakia, M. Yoshimuraa, H. Kariyaa, Y. Ogiharab, and S. Hayashib. 2010. "Switchgear
- 13 component commonality design based on trade-off analysis among inventory level, delivery lead-time and
- 14 product performance." *International Journal of Production Research* 48 (10): 2821–2840.
- 15 Karim, M. A., P. Samaranayake, A. J. R. Smith, and S. K. Halgamuge. 2010. "An on-time delivery im-
- 16 provement model for manufacturing organisations." *International Journal of Production Research* 48 (8):
- 17 2373–2394.
- 18 Lambert, D. M., and T. C. Harrington. 1989. "Establishment customer service strategies within the mar-
- 19 keting mix: more empirical evidence." *Journal of Business Logistics* 10 (2): 44–60.
- 20 Low, C. R., K. Li, and C. M. Chang. 2013. "Integrated scheduling of production and delivery with time
- 21 windows." *International Journal of Production Research* 31 (3): 897–909.
- 22 Mahmoud-Jouini, S.B., C. Midler, and G. Garel. 2004. "Time-to-market vs. time-to-delivery: managing speed
- 23 in engineering, procurement and construction projects." *International Journal of Project Management* 22
- 24 (5): 359–367.
- 25 Miller, D. 1987. "The structural and environmental correlates of business strategy." *Strategic Management*
- 26 *Journal* 8 (1): 55–76.
- 27 Miller, D., and C. Droge. 1986. "Psychological and traditional determinants of structure." *Administrative*
- 28 *Science Quarterly* 31 (4): 539–560.
- 29 Neely, A., M. Gregory, and K. Platts. 1995. "Performance measurement system design: a literature review
- 30 and research agenda." *International Journal of Operations and Production Management* 15 (4): 80–116.
- 31 Novack, R. A., and D. Thomas. 2004. "The challenges of implementing the perfect order concept." *Trans-*
- 32 *portation Journal* 43 (1): 5–16.
- 33 Qian, L. 2013. "Market - based supplier selection with price, delivery time, and service level dependent
- 34 demand." *International Journal Production Economics* 147 (2014): 697–706.
- 35 Reyes-Alcantar, M., and M.B. Bernabe-Loranca. 2014. "Evolutionary model for the measurement of the
- 36 logistics performance of non-transnational supplies." *Journal of Business and Economics* 5 (4): 484–501.
- 37 Simchi-Levi, D., P. Kaminsky, and E. Simchi-Levi. 2000. *Designing and managing the supply chain*. Boston,
- 38 MA: Mc Graw Hill.
- 39 Soepenber, G. D., M. J. Land, and G. J. C. Gaalman. 2012. "A framework for diagnosing the delivery
- 40 reliability performance of make-to-order companies." *International Journal of Production Research* 50
- 41 (19): 5491–5507.
- 42 Szwajczewski, M., J. Mapes, and C. New. 1997. "Delivery and trade-offs." *International Journal of Produc-*
- 43 *tion Economics* 53 (3): 323–330.
- 44 Toyota. 1995. *The toyota production system*. Tech. rep.. Tokyo, Japan.: Toyota Motor Corporation. Company
- 45 Manual.
- 46 Turki, S., S. Hennequin, and N. Sauera. 2013. "Perturbation analysis for continuous and discrete flow models:
- 47 a study of the delivery time impact on the optimal buffer level." *International Journal of Production*
- 48 *Research* 51 (13): 4011–4044.
- 49 Vastag, G., and D.C. Whybark. 2005. "Inventory management: is there a knock-on effect?." *International*
- 50 *Journal of Production Economics* 93–94 (1): 129–138.
- 51 Wanger, S. M., and C. Bode. 2008. "An empirical examination of supply chain performance along several
- 52 dimension of risk." *Journal of Business Logistics* 29 (1): 307–325.
- 53
- 54
- 55
- 56
- 57
- 58
- 59
- 60