

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**REDISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO DE LA
INDUSTRIA MÉDICA MEDIANTE TÉCNICAS DE MAPEO**

T E S I S

PRESENTADA POR

ZUHARA IVETTE CHÁVEZ LÓPEZ

Desarrollada para cumplir con uno de los
requerimientos parciales para obtener
el grado de Maestra en Ingeniería

DIRECTOR DE TESIS. DR. LUIS FELIPE ROMERO DESSENS

HERMOSILLO, SONORA.

OCTUBRE DEL 2012

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

RESUMEN

En la actualidad el sector manufacturero, destaca por la aportación económica a nivel mundial, son cada vez más las empresas que se integran al sector productivo elevando el nivel de competitividad y los estándares necesarios para integrarse y/o permanecer, lo que con lleva a que las empresas ya existentes deban reinventarse constantemente para poder mantenerse en el mercado y no ser desplazadas por aquellas que recién ingresan. El reinventarse implica flexibilidad en sus sistemas productivos, para aceptar cambios y mejoras de cualquier tipo, que les permitan responder a lo que los mercados piden a los costos más bajos posibles.

El mapeo, en cualquiera de las variantes que actualmente existen, ha sido empleado desde su creación para determinar la situación actual de un entorno y de ahí partir hacia la mejora con una propuesta que implica cambios encaminados a eliminar desperdicios o efficientar los procesos existentes. Aunque se ha comprobado con casos prácticos la utilidad del mapeo para rediseñar sistemas productivos, la mayoría de ellos han estado enfocados a líneas de producción en serie, cuyos entornos no implican grandes mezclas de productos y procesos, los flujos son simples con secuenciación básica sin grandes restricciones de disponibilidad. El presente estudio explora el uso del mapeo en un entorno totalmente contrario a lo mencionado anteriormente, se cuenta con mezcla de productos que genera restricciones en la secuenciación, que implica compartir capacidad de procesos, las listas de materiales son complejas y los flujos no se encuentran integrados.

La metodología propuesta surge del análisis de las distintas variantes del mapeo, como una integración de los puntos que se encontraron ser clave para el tipo de entorno analizado, mediante esta se pretende realizar un rediseño que permita mejorar el sistema productivo.

Se concluye que el rediseño del sistema productivo mediante técnicas de mapeo permite mejorar el flujo de materiales y la productividad del mismo sistema, la clave del mapeo está en que este no termina sin contar con un plan de acción, más allá del diagnóstico. Se encontró es de suma importancia contar con una demanda estable sin grandes variaciones, para poder establecer una producción nivelada, guiada por un flujo establecido, futuros estudios debieran considerar este punto para mejorar lo propuesto en la presente investigación.

ABSTRACT

Nowadays the manufactory industry stands up for the worldwide economic contribution, everyday more companies are joining the productive sector increasing the level of competitiveness and standards needed to integrate and remain in the markets and not be displaced by those that are just entering. Reinvention implies flexibility in their production systems to accept changes and improvements of any kind, this enable them to respond to markets needs at the lowest cost possible.

Mapping, in any of the existing variants, have been used since its creation to determine the current status of an environment and from there go for an improvement with a proposal that involves changes aimed at eliminating waste or make existing processes more efficient. Even the utility of mapping for redesigning productive systems have been proved with practical cases of study, most of the cases have been focused to serial production lines, which environments do not implies big product or processes mixtures, the flows are simple with basic sequencing without availability restrictions.

This research explores the use of mapping in a completely different environment to the described above, there is a mixture of products that generates sequencing restrictions, which implies sharing process capability, the bill of materials are complex and flows are not integrated.

The proposed methodology stems from the analysis of the different mapping techniques variants, as an integration of the points that were found as key for the kind of environment analyzed in this research, it is intended to do a redesign that allows improving the productive system.

As conclusion the redesign of productive systems using mapping techniques can improve material flow and productivity of the system, the key of mapping success is that beyond the diagnosis, it does not end until there is an action plan. It was found that it is extremely important to have a stable demand without major changes in order to

establish a production level, guided by an established flow. Future studies should consider this point to improve what is being proposed in the present study.

AGRADECIMIENTOS

Al consejo de Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), quien fue el responsable de proveer los recursos económicos necesarios y así propicio la realización de mis estudios de Posgrado en la Universidad de Sonora.

Al Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI 2011) por los recursos que nos otorga a los estudiantes de niveles superiores y de Posgrado como apoyo para garantizar el cumplimiento satisfactorio de nuestra formación académica.

A mi asesor el Dr. Luis Felipe Romero, por la guía brindada a lo largo del presente proyecto de investigación, sin la cual en definitiva el trayecto hubiera sido más complejo; también por transmitirme además de conocimiento, optimismo y sobre todo por ayudarme a clarificar ideas siempre que fue necesario.

A los profesores: Dr. Alonso Pérez y Dr. Mario Barceló, por el conocimiento no solo académico sino de vida que en sus clases me transmitieron.

A mi familia, por el apoyo y motivación que día a día me regalan.

INDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	iii
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE GENERAL.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS	9
1 INTRODUCCIÓN	10
1.1 Antecedentes	10
1.2 Planteamiento del problema.....	13
1.3 Objetivo general.....	13
1.4 Objetivos específicos.....	14
1.5 Hipótesis.....	14
1.6 Alcances y delimitaciones.....	14
1.7 Justificación	15
2 EVOLUCIÓN DEL MAPEO DE CADENAS DE VALOR.....	17
2.1 Rediseño en los sistemas productivos.....	17
2.2 Técnicas sobre el rediseño de sistemas de manufactura	18
2.2.1 Mapeo de procesos basados en mapas de flujo.....	19
2.2.2 Icam definition Zero, IDEFO	19
2.2.3 Graphes à Re´sultants et Activite´s Inter relies, GRAI.....	19
2.2.4 Software de modelación y simulación de flujos de material e información	20
2.2.5 Herramientas de mapeo basadas en los 7 desperdicios principales aceptados por sistema de producción Toyota.....	20
2.3 Mapeo de la cadena de valor	23
2.3.1 Variantes de técnica VSM	26
2.3.2 Mapeo macro a la cadena de valor VSMM.....	26
2.3.3 Mapeo de red a la cadena de valor VNM	26
2.4. Análisis comparativo entre técnicas de mapeo.....	27
2.5 La manufactura esbelta en la generación de alternativas y propuestas de mejora	32

2.6 Casos de aplicación de mapeo en el rediseño de sistemas productivos	33
3 PLANEACIÓN DEL MAPEO EN UNA CADENA DE VALOR ESBELTA.....	36
3.1 Medidas de desempeño a calcular una vez creado el estado actual.....	40
3.2 Alternativas de mejora no tangibles.....	41
4 MAPEO DE UNA CADENA DE VALOR ESBELTA.....	43
4.1 Análisis P-Q.....	45
4.2 Estado actual de la familia de productos seleccionada	47
4.3 Identificación de desperdicios, establecimiento de causas de demora y propuestas de mejora	58
4.4 Creación del estado futuro.....	62
5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	69
5.1 Conclusiones	69
5.2 Recomendaciones	70
5.3 Trabajos futuros.....	70
6 BIBLIOGRAFÍA	72
7 ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Matriz cruzada para análisis de similitud	38
Figura 4.1 Modelo de metodología para el rediseño de sistema de producción complejo	43
Figura 4.2 Diagrama de flujo. Piso de producción	44
Figura 4.3 Análisis P-Q familia Philips. Ver tabla de datos: Anexos 4.1 - 4.2.....	46
Figura 4.4 Volúmenes.100087 Producto seleccionado como punto de partida, en análisis y recopilación de datos.....	47
Figura 4.5 Matriz proceso - Modelo	48
Figura 4.6 Descripción de procesos y disponibilidad de maquinaria en cada uno de ellos.....	50
Figura 4.7 Diagrama de flujo. Ruta obligatoria	50
Figura 4.8 Diagrama de operaciones modelo 100087	54
Figura 4.9 Mapa del estado actual producto 100087	55
Figura 4.10 Procesamiento real con tiempos de cambio y espera	56
Figura 4.11 Tiempo valor - no valor por área	57
Figura 4.12 Tasa esbelta.....	57
Figura 4.13 Mapa del estado futuro 100087	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Análisis comparativo entre técnicas de rediseño de sistemas	29
Tabla 4.1 Oportunidades detectadas y alternativas de mejora	61
Tabla 4.2 Kanbanes en supermercado	65
Tabla 4.3 Niveles de supermercado para el estado futuro.....	67

1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo presenta una explicación breve de los antecedentes del problema a analizar, desarrolla los principios elementales a utilizar durante la presentación del mapeo de la cadena de valor, se presentan los conceptos básicos a manejarse a lo largo de la tesis para después plantear el problema, se establecen los objetivos tanto el general como los específicos, también se presentan la hipótesis, el alcance, las limitaciones y por último la justificación que sustenta la realización de la investigación.

1.1 Antecedentes

El sistema de manufactura implica la fabricación de productos que satisfagan a los clientes, en las fechas y términos estipulados con la calidad requerida y bajo principios de racionalización, de minimización de costos y maximización de utilidades (Lau & Mak, 2004).

En la actualidad las empresas deben responder rápidamente a las demandas variables de los mercados con cambios de los diseños de los productos o con productos totalmente nuevos, en tiempos cada vez menores, requiriendo flexibilidad para adaptarse y responder oportunamente a los cambios en los sistemas productivos.

El hablar de sistemas flexibles de manufactura implica el estudio de la rapidez con la que estos sistemas pueden modificarse o bien reconfigurarse de modo que no sean fijos o estáticos de modo que respondan a los requerimientos de los clientes y de esta forma hagamos los sistemas viables y adecuados para distintos fines (Lau & Mak, 2004).

Existen diversas herramientas o métodos que son empleados para el rediseño y mejora de los sistemas productivos, para así ayudar a ajustar cambios y agilizar el flujo de materiales e información, como es el caso de: mapeo de procesos basado en diagramas de flujo, Icam definition Zero (IDEF0), Graphes à Re´sultants et Activite´s

Inter relies (GRAI) así como la modelación y simulación de flujos de material e información por medio de software (Serrano et al. ,2008).

El mapeo de la cadena de valor, conocido como Value Stream Mapping (VSM por sus siglas en inglés), se trata de una técnica relativamente reciente que viene a dar respuesta a las necesidades planteadas por las empresas manufactureras de cara a desarrollar cadenas de valor más competitivas, eficientes y flexibles, mediante las cuales se busca afrontar las dificultades de la economía actual (Serrano, 2007).

El VSM ha sido adaptado y evolucionado a situaciones de planta con características complejas (Duggan, 2002; Braglia et al., 2006) en las que la demanda es aleatoria, la cantidad de referencias es muy variada y de difícil agrupación; conjuntamente, hay gran cantidad de procesos, muchos de ellos compartidos con otras familias y por tanto los flujos se vuelven complicados. Como familia de producto se podría definir a un grupo de productos que pasan por similares procesos de operación y equipamiento aguas abajo en los procesos hasta expedirlos al cliente (Marchwinski & Shook, 2003).

Se han generado variantes de la técnica original de VSM, a raíz de aplicaciones en distintos entornos y contexto; entre las que encontramos a: Mapeo macro a la cadena de valor (VSMM por sus siglas en inglés) y Mapeo de red a la cadena de valor (VNM por sus siglas en inglés).

Los desarrolladores de VSM reconocen que muchos sistemas productivos, tienen múltiples flujos que se unen, Khaswala (2001). Normalmente este sería el caso de los talleres funcionales (Job shops) que trabajan bajo el esquema de producción por ordenes y que fabrican productos con listas de materiales complejas.

Un Job shop o taller funcional se caracteriza por que en él se fabrican lotes pequeños de productos discretos, en su mayoría por pedido, los cuales generan una gran variedad de rutas a través de la planta. El flujo a través de la planta es complicado, son comunes las diferentes preparaciones de máquinas, y el entorno se asemeja más a una atmósfera de proyecto que a una producción seriada (Serrano ,2007).

La presente investigación se centrará en un caso donde la producción es por ordenes a producir para embarque y se trabaja bajo un esquema de taller funcional siendo los productos que se fabrican, variantes en complejidad de cantidad y forma de componentes así como en los procesos y su secuencia. La metodología de mapeo a emplear será una integración de las variantes de VSM, apoyándose en su mayoría en VNM, por las características del contexto en el que se desarrollará la investigación.

Por razones de confidencialidad, la planta a analizar en el presente trabajo será manejada como AA productos, "AAP" por sus siglas. Dicha empresa se encuentra ubicada en la ciudad de Hermosillo, Sonora, en el parque industrial Dinotech.

AAP diseña y fabrica conectores y ensambles de cable para aplicaciones de instrumentación. Sus productos incluyen conectores circulares de auto-acoplamiento, cables de terapia, depósitos de plástico, cáscaras de metal, conectores industriales Ethernet, conectores Ethernet y control, conectores médicos desechables, reutilizables y ensambles de conectores en cable, cable de conexión curricular, conectores y ensambles de alta tensión, conectores y sistemas de interconexión con diseños personalizados. AAP mantiene capacidades para fabricar todos los componentes necesarios para producir sistemas de interconexión, así también cuenta con el equipo necesario equipados para moldear Thermoset termoplásticos, elastómeros, polímeros y resinas; así como con máquinas de tornillo y centros de torneado, que permiten la fabricación de contactos y carcasas de metal.

La compañía presta servicios a la instrumentación, la creación de redes médicas, la comunicación, la marina e industrias de la automatización.

AAP fue fundada en 1929, teniendo su sede en Brockton, Massachusetts, cuenta con instalaciones de fabricación en Shenzhen, China, además de la planta localizada en Hermosillo, Sonora. Todas ellas operan bajo el cumplimiento la norma ISO 13485, lo cual garantiza que AAP mantiene los estándares de calidad que la industria medica demanda a todo fabricante.

En el último año se han realizado transferencias de nuevos productos a planta Hermosillo, así también se ha detenido la producción de algunos otros productos, lo anterior implica modificaciones en el sistema productivo de la planta, mismas que llevan a cambios en el proceso, maquinaria empleada, materiales a utilizar, niveles de inventario, personal requerido así como estándares necesarios; como consecuencia la distribución de planta ha sido modificada sin un análisis o estudio previo que indique los cambios harán funcionar el sistema de manera óptima, basándose en el método “a prueba y error”, se parte de diseños transferidos (de las plantas hermanas o bien de los clientes), mismos que han estado funcionando bajo contextos totalmente distintos en cuanto a infraestructura y características de la fuerza de trabajo.

1.2 Planteamiento del problema

La falta de análisis previo para la adaptación del sistema productivo a las nuevas necesidades de producción, están llevando a AAP a bajar su nivel de productividad y a su vez al constante incumplimiento de los plazos de entrega que son pactados con los clientes.

AAP no ha realizado estudio previo alguno para evaluar la eficiencia de los cambios a realizar en su sistema productivo ante las transferencias de productos hacia dentro y fuera de la planta, por lo tanto los cambios que se han dado a raíz del surgimiento de nuevas transferencias no se han adecuados al sistema productivo, de modo que se siga cumpliendo en tiempo y forma con los requerimientos de los clientes y la productividad no se vea impactada de forma negativa.

1.3 Objetivo general

Proponer modificaciones para mejora del proceso productivo, mediante el rediseño del sistema a través de la integración de técnicas de mapeo.

1.4 Objetivos específicos

- Reducir el tiempo que le toma a una pieza moverse a través del proceso.
- Reducir las distancias de transporte de material en proceso.
- Establecer un ritmo de producción para cada uno de los productos de las familias estudiadas.
- Integrar los flujos de las diferentes familias de productos a analizar.

1.5 Hipótesis

Mediante el empleo de técnicas de mapeo en el rediseño del sistema productivo de AAP, se mejorará el flujo de materiales y en consecuencia la productividad de los procesos analizados.

1.6 Alcances y delimitaciones

El mapeo se realizará solamente en el área de mayor interés para la empresa por ser las familias de productos de mayor demanda, mismas que generan el monto de utilidades más significativo para la empresa, no en toda la cadena de suministros, dejando de lado el análisis logístico externo con clientes, proveedores. Por razones de confidencialidad se omitirán los montos de utilidades que la empresa maneja.

Se excluirán del rediseño del sistema los productos médicos cuyos procesos son regulados directamente por el cliente, cuyas líneas de producción han sido transferidas del mismo y se modifican solo y únicamente según lineamientos estipulados por contrato.

1.7 Justificación

AAP se caracteriza por el compromiso con sus clientes tanto en calidad como en servicio; mejorar el nivel de productividad y eficiencia, por ende el cumplimiento de órdenes, no solo implica reducción en costos por desperdicios, consecuencia de haber empleado un diseño no óptimo. Sino que permitirá mejorar el desempeño interno y ante los clientes para así evitar la disminución de órdenes y recuperación del prestigio perdido ante el incumplimiento con los mismos, así fortalecerá los negocios actuales, podrá dar partida a negocios potenciales con clientes actuales y también con aquellos con los que desea establecer futuras relaciones. La reducción de los costos, permitirá destinar esos recursos en proyectos de mejora, que contribuyan a incrementar la eficiencia del sistema productivo, proyectos que serán impulsados con la adopción del mapeo a las prácticas comunes de la empresa.

El realizar un estudio de este tipo, aplicando técnicas de mapeo, identificará aspectos críticos a atacar, también prepara a la organización a la implementación de otras técnicas de manufactura esbelta, que junto con ésta la lleven a estar en busca de la mejora continua.

En los siguientes capítulos se presenta la metodología diseñada, para el logro de los objetivos que se han planteado al inicio, seguida por el desarrollo de la misma. Dicha metodología surgió luego de estudiar de cerca el entorno en el que la problemática tiene cabida y de la búsqueda en la literatura de técnicas que pudieran ser aplicables y ofrecieran el camino a una solución de una manera no convencional. Al seleccionar el mapeo como la herramienta a aplicar, aun se tenía contemplada la ligera posibilidad de que por las características particulares del entorno, podría no ser la herramienta ideal, sin embargo conforme se avanzó en el estudio de las técnicas, su evolución y casos de aplicación, se solidificaron en mayor medida las bases del estudio.

Es importante mencionar que el mapeo no podría darse por terminado sin tener un plan de acción realizable, que muestre el camino para hacer posible el estado futuro que se

creó. Por ello más adelante se presentan alternativas de mejora, como un plan de acción para el logro de los objetivos.

2 EVOLUCIÓN DEL MAPEO DE CADENAS DE VALOR

En esta sección se presentarán las distintas técnicas que se han encontrado han sido utilizadas para el rediseño de sistemas de manufactura, haciendo notar la importancia que juega el rediseño en el desempeño del sistema. Se presenta el mapeo de la cadena de valor y sus variantes como la alternativa que ha mostrado ser la más idónea en contextos manufactureros. Varios casos de estudio son incluidos; por último se describen las técnicas de manufactura esbelta que ayudan a la creación de propuestas de mejora en el rediseño de los sistemas.

2.1 Rediseño en los sistemas productivos

Hoy en día el éxito de la industria manufacturera está determinado en gran medida por la habilidad de responder rápidamente a los cambios de los mercados y a ajustarse a las necesidades de los clientes. Lo anterior ha resultado en una necesidad de desarrollar sistemas que puedan responder con agilidad y eficiencia a estas demandas (Law and Mak, 2004). Esto a su vez se traduce en la necesidad de las empresas manufactureras de contar con técnicas prácticas que apoyen el proceso de rediseño de sus sistemas productivos.

Ha sido estudiado por varios autores que para poder responder a los requerimientos de los clientes, los sistemas flexibles de manufactura implican estudios de la rapidez con la que estos sistemas pueden ser modificados, la nueva configuración requerida debe hacer que los flujos se vuelvan mas agiles, de tal manera que los sistemas de producción serán viables y adecuados para distintos fines.

Law and Mak (2004) señalan que existe la necesidad de una herramienta, la cual sea efectiva en el desarrollo o modificación de un sistema ya existente en un tiempo y costo razonable.

De acuerdo a la revisión de literatura, ha sido identificada la necesidad de un marco de referencia, el cual pueda ser usado como soporte en el mapeo del flujo de valor para decidir cuál es la técnica más viable y aplicable al contexto de manufactura que se estudiará o analizará.

2.2 Técnicas sobre el rediseño de sistemas de manufactura

En las sub secciones siguientes se describen ciertas técnicas que muestran ser potencialmente aplicables al rediseño de sistemas de manufactura según la revisión de literatura realizada.

- Serrano et al. (2008) resume los elementos principales que debe tener una herramienta para poder ser eficiente al rediseñar un sistema productivo en los siguientes requerimientos:
- Lenguaje común para permitir que las decisiones puedan ser discutidas por las personas involucradas en el proceso.
- Eficiencia en su uso. Los resultados deben ser justificados por el tiempo y esfuerzo requeridos por el equipo.
- Un lenguaje gráfico y estandarizado ayudará a hacer el proceso de aplicación más fácil.
- Una herramienta basada en análisis cuantitativo. Las decisiones a ser tomadas deben ser basadas en el análisis de datos científicos y objetivos.
- Una forma de enfatizar las situaciones problema iniciales, así como proveer directrices claras y conceptos innovadores para mejorar el desempeño operacional del sistema.

- Reflejo de una visión sistemática. El estudio no debe de perder perspectiva del sistema a ser analizado y mejorado. La optimización de un punto del proceso debe ser evaluado respecto a su efecto a través del sistema.
- Ver redefinición y rediseño como un punto de inicio para la planeación estratégica de la mejora del sistema.

2.2.1 Mapeo de procesos basados en mapas de flujo

El mapeo de procesos basado en mapas de flujo (Paper et al., 2002) es una herramienta muy conocida para modelar sistemas de negocios (Hines and Rich, 1997). El movimiento de reingeniería de procesos respalda esta técnica por las siguientes dos razones: primero por el hecho de que está basada en la medición y el análisis cuantitativo (Hammer, 1990); y por último que varios lenguajes de estandarización hacen a la herramienta práctica y de gran utilidad (Baudin, 2002). Sin embargo, es muy genérica y no muy adaptable a la modelación de sistemas de manufactura (Oyarbide, 2003).

2.2.2 Icam definition Zero, IDEFO

El método IDEFO, es una variante del mapeo de procesos. Ha sido desarrollado y orientado hacia la modelación de sistemas de manufactura. Esta herramienta hace un análisis funcional estructural para describir las actividades de un sistema de manufactura en forma jerárquica (Roboam, 1993). Sin embargo, es una herramienta cualitativa que pasa por alto los datos cuantitativos de un sistema productivo (Wu, 1996).

2.2.3 Graphes à Re´sultants et Activite´s Inter relies, GRAI

GRAI por sus siglas en francés The Graphes à Re´sultants et Activite´s Inter relies, es un método enfocado al desarrollo de sistemas de toma decisiones y está basado en la

planeación jerárquica de la producción (Dougmeints et al., 1983). Además de no tener en consideración los flujos de materiales e información, al igual que el método IDEF0, es una herramienta cualitativa (Wu, 1996); la diferencia con este último es que GRAI es aplicado a la toma de decisiones mientras que IDEF0 va más hacia lo físico y funcional.

2.2.4 Software de modelación y simulación de flujos de material e información

El Software de modelación y simulación de flujos de material e información es otra forma interesante de rediseñar sistemas de manufactura. Diferentes paquetes computacionales en esta área han sido divididos en dos grupos: simulación de eventos discretos y software de sistemas dinámicos, Serrano et al. (2008). Los primeros presumen de ser más precisos mientras que los segundos, de requerir menos esfuerzo. A pesar de su carácter cuantitativo y enfoque correcto, el software, capacitación y el tiempo que se requiere para emplearlo, puede ser una razón importante por la cual no es tan empleado por las empresas (Oyarbide, 2003, citado en Serrano et al., 2008).

2.2.5 Herramientas de mapeo basadas en los 7 desperdicios principales aceptados por sistema de producción Toyota

Hines y Rich (1997) analizan 7 herramientas de mapeo de valor que surgieron en base a los 7 desperdicios del sistema de producción Toyota: sobreproducción, espera, transporte, procesamiento innecesario, inventario innecesario, movimiento innecesario y defectos. Recomiendan así mismo que previo uso de cualquiera de las herramientas se tenga por lo menos un entendimiento de cuáles son los desperdicios a ser reducidos, para así poder lograr mejoras a la cadena de suministro.

1. Mapeo de actividades de proceso. Esta herramienta se compone por 5 etapas:
 - a) Estudio del flujo de los procesos.
 - b) Identificación del desperdicio.
 - c) Consideración de si el proceso puede ser ordenado de una manera más eficiente.
 - d) Consideración de un mejor patrón de flujo, que involucre una nueva distribución de procesos o re establecimiento de rutas de transporte.
 - e) Consideración sobre si todo lo que es hecho en cada una de las etapas es necesario y que pasaría si tareas superfluas fueran eliminadas.

Normalmente esta técnica se acompaña de la técnica 5 W1H (¿por qué ocurre una actividad?, ¿quien la hace?, ¿en qué máquina?, ¿cuándo?, ¿dónde? Y ¿cómo?) , tratando así de eliminar actividades que no son necesarias, simplificar otras, hacer combinaciones y cambios en las secuencias que puedan eliminar y reducir desperdicios.

Matriz de respuesta de la cadena de suministros. Busca representar en un diagrama simple las restricciones críticas de los tiempos de entrega, los cuáles son los tiempos acumulados tanto de la compañía en cuestión como de sus proveedores y distribuidores. El diagrama permite ver los días de material que se acumula en el sistema así como el tiempo total de respuesta del sistema, lo cual permite atacar los tiempos de entrega individuales y los niveles de inventario que se despliegan en el diagrama.

Embudo de variedad de producción. Se hace un análisis de las operaciones internas de la compañía, así se identifica el tipo de estrategias de producción que manejan, variedad de productos y materia primas usadas, sector industrial, etc. El usar el embudo de variedad de producción permite a quien mapea entender cómo opera la cadena de suministros y el grado de complejidad que la acompaña. Este tipo de mapeo

permite a clientes investigadores entender similitudes y diferencias entre su industria y alguna otra que puede estar ya más investigada. Permite decidir donde atacar reducción de inventarios y hacer cambios en el procesamiento de productos. Es también muy útil al querer obtener una visión de la compañía o cadena de suministros estudiada.

Mapeo de filtro de calidad. Esta herramienta fue diseñada para detectar donde es que se encuentran los defectos de calidad en una cadena de suministros. El mapa que se genera muestra 3 distintos tipos de defectos: Defectos de producto, defectos en el servicio y por desperdicios internos. Cada uno de estos defectos son mapeados latitudinalmente a lo largo de la cadena de suministros incluyendo a las distintas partes que la conforman (distribuidor, ensamblador, proveedor de primer nivel, proveedor de segundo nivel, proveedor de tercer nivel, fuente de materias primas, por mencionar algunos) las cuales variarían dependiendo de la industria a la que nos estemos refiriendo. Este enfoque muestra grandes ventajas en cuanto a identificar donde exactamente se están generando los defectos y por lo tanto permite identificar problemas, ineficiencias y esfuerzos desperdiciados y así usar esa información para actividades de mejora.

Mapeo de amplificación de demanda. Esta herramienta está basada principalmente en el efecto que tienen los retrasos y las decisiones pobres referentes al flujo de materiales e información. Como resultado al analizar una cadena de suministros son encontrados excesos de inventario, producción y/o capacidad. La herramienta puede ser usada para mostrar los cambios de la demanda a lo largo de distintos periodos, a su vez esta información puede ser usada como base a la toma de decisiones y análisis más profundo al tratar de diseñar configuraciones nuevas para los flujos de valor, manejar o reducir las fluctuaciones o bien para reconfigurar soluciones en el sistema.

Análisis de punto de decisión. Esta herramienta es comúnmente empleada por compañías en las que se manejan una gran combinación de productos de un número restringido de componentes, los cuales son semi procesados para una amplia variedad de clientes, y al final del proceso son personalizados para cada uno de ellos, como es

el caso en la electrónica o en la industria de electrodomésticos. Se le considera útil por dos principales razones: la primera por el hecho de que es posible evaluar los procesos aguas abajo y aguas arriba, para de este modo determinar si estos están alineados en la filosofía “empujar “ o “jalar”. La segunda razón es la perspectiva a largo plazo, que permite la creación de varios posibles escenarios, de modo que se pueda ver la operación de los flujos si el punto de decisión es movido, lo cual permitirá un mejor diseño de la cadena de valor.

Estructura física (a) volumen (b) valor. Esta herramienta ha demostrado ser útil en entender como luce determinada cadena de suministros como una visión en conjunto o nivel industrial. Este conocimiento es útil en valorar como luce una industria es decir, entender cómo opera, en particular al dirigir atención a aquellas áreas que pudieran no estar recibiendo suficiente atención para su desarrollo. La herramienta se divide en dos partes: estructura de volumen y estructura de costo. La primera muestra la estructura de la industria de acuerdo a los distintos niveles que existen tanto en el área de distribución como en el área de proveedores, localizándose el ensamblador en el medio del diagrama. Por lo que se captura a todas las firmas involucradas donde el área de cada parte es proporcional al número de firmas involucradas. Mientras que el segundo diagrama referente a estructura de costo permite analizar el valor que adquiere el producto al final como es vendido al cliente. La herramienta al igual que la mayoría de las mencionadas con anterioridad, permite hacer esfuerzos para tratar de eliminar actividades que son innecesarias, simplificar otras o bien hacer combinaciones que reduzcan desperdicios.

2.3 Mapeo de la cadena de valor

El origen de la herramienta de mapeo de la cadena de valor VSM por sus siglas en inglés, son en su mayoría enfocados al análisis y mejora de ambientes de manufactura con líneas de flujos desconectados (Rother and Shook, 1998). De acuerdo al proceso de aplicación, VSM está basado en los siguientes 5 pasos o fases:

1. Selección de una familia de productos.

2. Creación del mapa del estado actual.
3. Creación de mapa del estado futuro.
4. Definición de un plan de trabajo.
5. Cumplir con el plan de trabajo definido.

Según Rother et al. (1998), originalmente VSM fue desarrollada enfocada principalmente en el análisis y mejora de ambientes de manufactura con líneas de flujos desconectados; es decir trabajan dentro de un mismo entorno de manufactura, consumen recursos compartidos (maquinaria, materiales, personal), pero trabajan paralelamente, sin una secuenciación de eficiencia en el uso de dichos recursos.

Los argumentos dados para considerar a VSM con el potencial para mejorar los sistemas de producción son:

- El análisis de la situación inicial se basa en la adquisición, el tratado de datos numéricos y una interface gráfica que hace más fácil ver la relación entre material y flujos de información.
- La visión sistemática que provee cada familia de productos refleja las ineficiencias del sistema de manufactura.
- Provee un lenguaje común para unificar los conceptos y técnicas en un solo cuerpo.
- Existe la posibilidad de que este sea un punto de inicio para un plan estratégico de mejora.

Serrano (2007), evaluó la aplicabilidad del VSM en entornos productivos relacionados con líneas de flujos desconectados, los resultados confirman la validez práctica del VSM para el rediseño de sistemas productivos. El método de investigación adoptado ha consistido en un estudio de casos múltiple sobre seis empresas. Se percibe al VSM como una herramienta práctica para el rediseño y creación de entornos productivos flexibles y eficientes, a su vez concluye que el VSM se muestra valido por sí solo, para

justificar el rediseño al demostrar las mejoras que aportaría a nivel de desempeño productivo del sistema. Prueba la hipótesis de que el VSM es la referencia para la implantación del rediseño del sistema productivo de acuerdo a los planes de acción a partir del estado futuro y las fortalezas reconocidas por los equipos en cada uno de los casos de estudio analizados.

En los casos en los que la aplicabilidad de VSM es analizada, han sido resaltadas las siguientes deficiencias (Braglia et al., 2006; Khaswala & Irani, 2001):

- Falla en mapear productos múltiples que no tienen flujos de materiales idénticos.
- Falla en relacionar retrasos por colas y transportación innecesaria, así como cambios en lotes de transferencia debido a un diseño de distribución de planta pobre y al manejo de materiales, a parámetros operativos como es el tiempo de ciclo de las máquinas y medidas de desempeño como es el ritmo de producción del sistema de manufactura.
- No cuenta con una medida económica de “valor” como son las utilidades, costos de operación y gastos de inventario.
- Falla en mostrar el impacto que tiene la distribución de planta en los retrasos de manejo de materiales, la secuencia de los lotes y como es que estos son secuenciados en cada proceso en un flujo, así como el tamaño de los contenedores, frecuencia de los viajes entre operaciones, etc.
- Está basado en sistemas de manufactura de baja variedad y alto volumen.
- Existe también la necesidad de mostrar el impacto de las ineficiencias debido a que los productos viajan grandes distancias, que los flujos no estén integrados, a la falta de independencia en un proceso, falla o falta de comunicación entre las partes que integran un sistema completo de manufactura (por no existir un protocolo definido a seguir o por no seguir uno ya existente) en la creación de mayores cantidades de material en proceso, gastos de operación, tiempos muertos y ocio, por mencionar los más comúnmente detectados en los sistemas de manufactura.

2.3.1 Variantes de técnica VSM

A raíz de aplicaciones en distintos entornos y contextos se han generado variantes de la técnica original de VSM, entre las que encontramos al Mapeo macro a la cadena de valor (VSMM por sus siglas en inglés) y Mapeo de red a la cadena de valor (VNM por sus siglas en inglés).

2.3.2 Mapeo macro a la cadena de valor VSMM

El mapeo macro a la cadena de valor, VSMM por sus siglas en inglés, es una extensión de VSM, permite no solo ver el desperdicio y flujo dentro de una compañía si no que permite entender los flujos de material e información en toda la cadena de suministros, involucrando varias compañías. Provee una visión completa de los procesos de la cadena de valor de una familia de productos específicos, así como la identificación de proveedores y sus procesos de producción; permite la identificación de desperdicios inherentes a la cadena de valor de la familia de productos seleccionada a mapear (Womack y Jones, 2004, citado en Fontanini,2009).

VSMM genera la posibilidad de aplicar conceptos y técnicas de manufactura esbelta dentro de todo el macro, ya que la visualización del flujo de valor del producto favorece la aplicación de estas técnicas en su conjunto y no individualmente, es decir a lo largo de la cadena de suministro. El principal objetivo del mapeo macro de la cadena de valor es permitir que los agentes de la cadena de suministros identifiquen los desperdicios y se centran en el flujo en su conjunto al crear el estado ideal y así permitan el análisis de las interfaces necesarias para la composición del estado futuro incorporando mejoras (Fontanini, 2009).

2.3.3 Mapeo de red a la cadena de valor VNM

Khaswala (2001), introduce el otro enfoque alternativo: VNM, que es capaz de mapear la red completa de los flujos en la cadena de valor que corresponde a un producto

complejo. El desarrollo y beneficios de este enfoque han sido demostrados usando resultados de un estudio piloto hecho en un taller funcional de producción por órdenes.

VNM es desarrollado para eliminar las limitaciones de la metodología tradicional de VSM, cuando tenemos múltiples flujos de productos con listas de materiales complejas y varios niveles de ensamble. Utiliza algoritmos para la agrupación de rutas similares de fabricación y diseño de distribuciones de planta para identificar a las familias de rutas similares para las cuales podrá ser desarrollado un mapa del estado actual.

2.4. Análisis comparativo entre técnicas de mapeo

Un análisis comparativo entre las diferentes técnicas de mapeo mencionadas con anterioridad, es presentado en la tabla 2.1, los aspectos a analizar son lo que han sido identificados como clave por ser los de mayor impacto e importancia en un sistema de manufactura, dicha comparación pretende resaltar las fortalezas y debilidades de cada una de estas técnicas. Así también se identifican los entornos en los que se han aplicado más comúnmente de forma exitosa.

Evolución del mapeo de cadenas de valor

<i>Técnica de mapeo / aspectos clave a evaluar</i>	<i>Uso de datos cuantitativos (tiempos de procesamiento, ritmo de producción, tiempo de entrega, inventario, distancias de transporte, cantidades de procesamiento, etc.)</i>	<i>Flujo a través de la distribución de planta</i>	<i>Influencia de la ergonomía en la creación de valor</i>	<i>Secuenciación de valor</i>	<i>Manejo de materiales</i>	<i>Acumulación de trabajo en proceso</i>	<i>Limitaciones de capacidad</i>	<i>Inversión económica</i>	<i>Contexto de aplicación práctica</i>
<i>Mapeo de procesos basado en mapas de flujo</i>	A	NC	NC	NC	B	NC	NC	B	PS, TF
<i>IDEFO</i>	B	NC	NC	NC	NC	NC	NC	B	PS,PN
<i>GRAI</i>	M	NC	NC	NC	NC	NC	NC	B	PS, PN
<i>Software de simulación y modelación de flujos de material e información</i>	A	M	NC	A	B	A	A	A	PS,TF,PN
<i>Mapeo de actividades de proceso</i>	A	NC	NC	NC	B	NC	NC	B	PS,TF
<i>Matriz de respuesta de la cadena de suministros</i>	A	NC	NC	NC	NC	NC	NC	B	PS,P

Evolución del mapeo de cadenas de valor

Embudo de variedad de producción	A	NC	NC	NC	NC	NC	NC	B	PS
Mapeo de filtro de calidad	A	NC	NC	NC	NC	B	NC	B	PS,TF
Mapeo de amplificación de demanda	A	NC	NC	NC	NC	NC	NC	B	PS
Análisis de punto de decisión	M	NC	NC	NC	NC	NC	B	B	TF
Estructura física (a) volumen (b) valor	M	NC	NC	NC	NC	NC	M	B	PS
VSM	A	NC	NC	NC	NC	NC	NC	B	PS,P,PN
VSMM	A	NC	NC	NC	NC	NC	NC	B	PS,PN
VNM	A	A	NC	NC	NC	NC	NC	B	PS,TF,P,PN

Baja (B), Mediana (M), Alta(A), No considerada (NC), Producción en serie (PS), Taller funcional (TF), Proyecto (P), Procesos de negocio (PN)

Tabla 2.1 Análisis comparativo entre técnicas de rediseño de sistemas

Se ha detectado que en el rediseño de sistemas de manufactura los datos cuantitativos juegan un papel crucial, vemos su presencia en la toma de tiempos de procesamiento, determinando el ritmo de producción, los tiempos de entrega, inventario, las distancias de transporte e inclusive las cantidades de procesamiento.

Se analiza también el flujo a través de la distribución de planta, enfocándose así al tiempo que le demora a una pieza pasar por todos los procesos y completar su ciclo de producción, los tiempos de entrega se vuelven de suma importancia el contar con flujos coordinados, que permitan cumplir con el ritmo de producción que la demanda marca a los sistemas de manufactura.

Una aportación nueva a lo que comúnmente se ha venido analizando es ver la influencia de la ergonomía en la creación de valor, como el hecho de que los entornos sean idóneos para la realización de las operaciones que los procesos demandan es crucial para contar con tiempos de procesamiento adecuados y no se generen incrementos debido a la ineficiencia o falta de idoneidad de las herramientas, equipos y/o los mobiliarios.

La secuenciación de valor, se analiza y es determinada como aspecto clave debido a que se detecta la necesidad de contar con secuencias determinadas en cada uno de los procesos, secuencias que aseguren la creación de valor más que la realización de actividades que no generan valor alguno, como son programaciones de producción en los procesos sin secuenciados determinados que implican múltiples cambios de set ups que a su vez elevan los tiempos muertos de los equipos y tiempos de ocio en el personal, por los cambios que implica el cambiar la producción a un número de parte distinto al que se tenía programado en determinado momento.

El manejo de materiales es analizado por encontrarse es un factor que añade en gran medida actividades que no añaden valor al producto, como son los recorridos innecesarios, distancias con frecuencias mayores de lo necesario que recorren materia prima y material en proceso, para llegar al proceso en el que se le requiere. La acumulación de trabajo en proceso es crucial pues se ve relacionado directamente con

el hecho de que el flujo fluya a través de la distribución de planta existente y hasta cierto punto podría verse como una consecuencia de no contar con un flujo adecuado, sin embargo lo que se pretende es determinar que tanto analiza la técnica de mapeo en cuestión, el material que se acumula.

El analizar las limitaciones de capacidad es con el afán de ver las consideraciones que se tienen entre procesos respecto a que existen algunos que son compartidos entre diferentes productos y puede no considerarse que tan capaz sea el sistema de producir distintos ensambles, con las cargas de producción que se tengan, en tiempos idóneos.

La inversión económica es analizada de acuerdo a que tanto debe de invertirse para aplicar la técnica y mapear el sistema productivo, la inversión económica estaría compuesta por los gastos que generan el esfuerzo humano, el tiempo invertido, la capacitación del personal así como los recursos físicos: equipo, herramienta, etc.

Los contextos de aplicación práctica son los siguientes: Producción en serie (PS), Taller funcional (TF), Proyecto (P) y los Procesos de negocio (PN).

El caso de estudio en el que se lleva a cabo el desarrollo del presente trabajo de tesis es dentro de un taller funcional, del análisis realizado se determina que es el VNM la técnica más idónea para el análisis de dicho entorno por su alto uso de datos cuantitativos y análisis del flujo a través de la distribución de planta y por requerir una baja inversión económica, siendo los talleres funcionales el reto por el cuál fue desarrollada dicha técnica en un inicio.

En cuanto a los otros entornos analizados en la tabla 2.1, dejando de lado el Software de simulación y modelación de flujos de material e información por ser el que para todos a excepción de un proyecto demuestra tener el más alto impacto en cada uno de los entornos. Se encontró que para el caso de producción en serie la técnica VSM y el Mapeo de procesos basado en mapas de flujo demuestran buena aplicabilidad al tipo de datos que se incluiría en su mapeo, la ventaja de la segunda es que considera el manejo de materiales aparte del alto manejo de datos cuantitativos y la baja inversión económica.

En el caso de un proyecto, el VNM sería la técnica más adecuada para su análisis, coincide con el caso de un taller funcional, tal coincidencia recae en la semejanza entre ambos entornos. La naturaleza de los procesos de negocios y su tendencia hacia los datos cualitativos permite que estos tengan gran flexibilidad hacia la aplicabilidad de las diversas técnicas que se analizaron, las 3 variantes de VSM presentan ser las de mayor idoneidad, a pesar de que IDEFO y GRAI serían los especialistas para estos entornos, no podemos omitir la influencia de ambas en la creación tanto del VSM original como de sus variantes.

2.5 La manufactura esbelta en la generación de alternativas y propuestas de mejora

Según Álvarez et al. (2009), la implementación de una estrategia de manufactura esbelta permite el fortalecimiento de la secuencia de fases que lleva a excelencia operativa, la mejora continua, y la eliminación de actividades sin valor agregado. La influencia de prácticas de manufactura esbelta contribuye sustancialmente con el desempeño operativo de las plantas, y el uso de dichas herramientas permite la mejora de los resultados. El mapeo a la cadena de valor se aplica como una forma de progreso hacia la manufactura esbelta y como una fórmula para dirigir las actividades de mejora. Siguiendo una perspectiva de benchmarking, así como el uso de una herramienta de contraste, facilita la realización de las mejoras en un entorno productivo.

Los sistemas similares pueden dar soluciones diferentes, de ahí la importancia a los detalles de cómo la línea de ensamble o la célula de manufactura se ejecuta y qué procesos y operaciones se llevan a cabo, de modo que las alternativas de mejora propuestas se adapten lo mejor posible al entorno que se esté analizando. Es necesario que las herramientas de manufactura esbelta seleccionadas de entre una amplia gama de opciones, sean adecuadas y su flexibilidad permita adaptarse a

ambientes y situaciones complejas, por ello la selección debe estar enfocada al punto que se desea atacar así como orientada de acuerdo a las características y complejidad del sistema de manufactura.

Los paquetes computacionales pueden ser empleados alternativamente para la evaluación de propuestas, no directamente para rediseño, sino más bien para simular el comportamiento de rediseños del sistema, pudiendo evaluar varias alternativas a la vez, previo a la adopción de una de ellas como definitiva, comparando así beneficios y desventajas de cada una de las variantes que pusieran diseñarse. Para entornos como el tratado en el presente estudio se propone el uso de Process simulator para la evaluación del rediseño que se propondrá.

2.6 Casos de aplicación de mapeo en el rediseño de sistemas productivos

Son múltiples los casos de aplicación que se han encontrado en cuanto a mapeo en el rediseño de los sistemas productivos, a continuación se muestran algunos que en conjunto representan los puntos clave que el presente estudio pretende atacar en el entorno analizado: integración de flujos, identificación y eliminación de desperdicios, reducción de tiempo de los productos en el proceso, todos encaminados a la mejora continua.

Fontanini & Picchi (2004), presentan un análisis de la aplicación de VSMM, mediante un caso práctico en un proyecto de construcción de un edificio. Se concluye que VSMM muestra un alto potencial para la aplicación de herramientas de manufactura esbelta más allá del lugar de trabajo, se dio un gran aporte a la realización de mejoras al permitir representar los flujos tanto de información como de materiales desde los proveedores hasta el lugar de trabajo, ayudando a entender las interacciones e identificar desperdicios a lo largo de toda la cadena de suministros.

Goubergen y Landeghem (2005), aplicaron VSM para analizar y rediseñar el proceso de desarrollo de proyectos en los estudios técnicos y de instalación en el departamento de las Fuerzas Armadas belgas; señalan que el VSM proporciona un marco para poner en práctica conceptos de manufactura esbelta para reducir los plazos de entrega y mejorar el flujo de trabajo.

Braglia et al. (2006), propone un enfoque basado en la metodología básica de VSM y otras herramientas típicas de la Ingeniería Industrial, el cual consta de siete pasos iterativos generado así lo que consideran como procedimiento mejorado de VSM, “IVSM” por sus siglas en inglés, dicho enfoque es probado en un entorno real, dedicado a la producción de refrigeradores en el cual las listas de materiales son complejas y se requieren varios niveles de sub ensamble lo cual vuelve complicados los flujos. Señalan que VSM es una de las mejores herramientas para implementar la manufactura esbelta en una compañía, sin embargo no es fácil su uso en el caso de procesos de producción complejos caracterizados por múltiples flujos que emergen, por ello las mejoras propuestas en su metodología IVSM.

Barcia, K., Loo, De C. (2007), aplicó una metodología basada en VSM para mejorar el proceso de ensamble de PCBs, mediante el previo análisis de los procesos y actividades para determinar los problemas y desperdicios presentes. Los cambios propuestos al sistema para la eliminación de los desperdicios detectados fueron basados en la aplicación de distintas técnicas de manufactura esbelta como son: la estandarización, 5 S's, balanceo de línea, entrenamiento cruzado. Se vieron mejoras significativas, demostrables de acuerdo a los indicadores establecidos, por otro lado para probar la factibilidad del proyecto se hizo un análisis costo beneficio lo cual reforzó el proyecto y motivó a la aceptación del rediseño.

Semejante a los casos mencionados con anterioridad, en los capítulos que continúan se presentara el marco de referencia a seguir para la realización del rediseño del sistema productivo del entorno que estamos trabajando; es decir la metodología, que se traduce en la planeación, seguida del mapeo en sí, del cual se despliega el plan de

acción. Pretendiendo demostrar la factibilidad de aplicar el mapeo en entornos complejos de manufactura, se ve una tendencia de los sistemas productivos hacia este tipo, deja de predominar la producción seriada, esto hace que lo que se presenta a continuación tenga un peso mayor, para futuras aplicaciones o replicas del ejercicio realizado en este caso.

3 PLANEACIÓN DEL MAPEO EN UNA CADENA DE VALOR ESBELTA

La metodología propuesta se apoya en la mejora continua, la cual será perseguida mediante la introducción de prácticas de manufactura esbelta; esta se desglosa en los siguientes puntos:

1. Consulta y análisis bibliográfico.
2. Recopilación de datos e información en planta, para análisis.
3. Estudiar los flujos de las familias de productos existentes.
 - 3.1 Realizar análisis PQ. Seleccionar familia de productos como objeto de estudio inicial para la mejora de acuerdo a volumen de producción.
 - 3.2 Realizar análisis de similitud.
 - 3.3. Identificar maquinaria compartida.
 - 3.4 Identificar ruta crítica de procesos.
4. Crear mapa del estado actual de familia de productos seleccionada.
 - 4.1 Identificar desperdicios y establecer causas de demora en la producción.
5. Crear el estado futuro de familia de productos seleccionada.
6. Aplicar el método a las demás familias de productos siguiendo el análisis probado en la familia de productos seleccionada inicialmente.
7. Realizar rediseño de distribución en planta, integrando el flujo de las familias de productos.
8. Crear el estado futuro del sistema productivo.
 - 8.1 Diseñar alternativas específicas de mejora para implementar al sistema.

La aplicación como tal de la metodología que se ha generado para realizar el mapeo en una cadena de valor compleja, como la que se ha tomado de base para realizar el presente estudio, inicia con la generación del estado actual, que parte de observación de los flujos de las diferentes familias de productos existentes en el taller funcional.

Planeación del mapeo de una cadena de valor

La recopilación de datos e información en planta, para análisis, incluye el análisis de los requerimientos del cliente, es la información de entrada al sistema, y en cierta forma debiera ser lo ideal a satisfacer con las salidas traducidas en productos, que nuestro sistema genere. En medio de esto se encuentran los procesos de producción, los cuales ayudaran a lograr las salidas que se buscan obtener, cada proceso tiene información relevante que ayuda a poder plasmar el estado actual y así poder analizarlo, el enfoque es obtener: tiempos de procesamiento, tiempos de espera, distancias de transporte de material, rutas que siguen material en proceso y materia prima, ya sea para llegar al proceso donde es transformada o bien en el caso de material en proceso ruta y distancia para llegar a su siguiente proceso. Es importante también tomar nota sobre los lotes de procesamiento, como es el manejo de materiales, existencia de supermercados o cualquiera que sea la técnica que se emplee para el manejo. Por el lado de procesamiento del trabajo, es necesario identificar cuantos operadores están asignados a cada área y/o proceso, con cuantas maquinas se cuenta y los tiempos de procesamiento de cada una de ellas, para ver disponibilidad y restricciones en los mismos.

Después de la observación y recopilación de información será más fácil la selección de la familia de productos para el estudio inicial, pues por lo general aparte de resultar evidente aquella que requiere de mayor atención, el análisis de acuerdo a volumen de producción y demanda de los productos permitirá comparar o bien corroborar lo que la observación evidenció. El realizar el análisis de similitud es con el fin de identificar la maquinaria y los procesos compartidos entre productos, lo cual es de suma utilidad para la realización tanto del estado actual como del estado futuro. Se realiza una matriz cruzada simple, en la que se despliegan todos los procesos y productos, como se muestra en la figura 3.1. Una vez obtenidos los procesos por producto, se ve claramente los compartidos, en mayor o menor medida, permitiendo detectar aquellos que generan mayor conflicto a la secuenciación de órdenes en los procesos, siendo los que generaran los cuellos de botella y las áreas de oportunidad a considerar en el rediseño. Se deberá evaluar alternativas en estos procesos si es que en definitiva la

capacidad se sobrepasa y no es posible el procesamiento en tiempo de todos los modelos o productos que requieran el mismo proceso.

Matriz Proceso - modelo

		Proceso											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Modelo	A												
	B												
	C												
	D												
	E												
	F												
	G												
	H												
	I												

Figura 3.1 Matriz cruzada para análisis de similitud

Resulta más sencillo el extender el estudio a las demás familias del entorno con el que se está trabajando, una vez que ya se ha aplicado todo el proceso en una, aunque cabe mencionar que cada una de ellas tendrá sus puntos muy peculiares, necesitando un análisis diferente en perspectiva más no en la esencia de los puntos que se han mencionado.

La creación del estado actual de la familia de productos, va acompañada de los siguientes objetivos, pues se pretende que mediante la observación y análisis del mapeo, éstos sean evidenciados fácilmente.

- Identificación de desperdicios.
- Establecimiento de causa (s) de demoras.
- Detectar proceso que establece el ritmo de producción.
- Encontrar restricciones de flujo.
- Calculo de distancias de transporte.
- Calculo de tiempo que toma a una pieza terminar el proceso de producción.

Los datos a analizarse, considerados en el estudio tanto para elaborar el estado actual como para la creación del estado futuro son los siguientes:

Tiempos de ciclo por producto. Es de suma importancia la veracidad de los tiempos de procesamiento, de ser necesario los tiempos deberán ser tomados en muestreos reales, no de registros en sistema. Se hará una comparación entre los tiempos que se tienen registrados en el sistema MRP interno contra los que se muestrearon y si la diferencia entre ambos grupos es significativa se opta por manejar los tiempos muestreados y proseguir con el muestreo en su totalidad.

Lotes de producción. Cantidad de piezas programadas a producirse, tendencias y/o variaciones.

Lote de transferencia. Refiriéndose al tamaño de lote de material en proceso a transportar al siguiente proceso, o bien el tamaño de los lotes de las ordenes de producción para manejo entre los distintos procesos.

Trabajo en proceso. Acumulamiento entre procesos, de trabajo en proceso. Identificando si existen o no métricos, cantidades, mínimos o máximos establecidos.

Tiempos de cambios de modelo, cambios de herramental requeridos en cambio de modelo. Preparación de maquinaria, cambio de material en bins, empaque y desempaque de material que lo requiere, almacenamiento de trabajo en proceso por cambios repentinos contra el plan de producción ya establecido.

Distancias entre procesos. Recorridos para entrega de material a su siguiente proceso o bien a supermercados de procesos.

Manejo de materia prima. Entregas de almacén a supermercado de materia prima por orden, entregas de almacén a piso de producción, autoservicio de operadores que toman material de supermercados, en este caso peculiarmente se ve el surtido de resinas de moldeo de tolvas, requisición y entrega de materia prima producida en planta para autoconsumo.

Cada uno de los puntos anteriores se han establecido a forma de categorizar el análisis de datos, tomando de cada área los puntos clave en la observación y análisis de los mismos, lo que nos permitirá caracterizar el proceso y plasmarlo de forma gráfica en el mapa del estado actual, mismo que será la base para partir al rediseño del sistema.

3.1 Medidas de desempeño a calcular una vez creado el estado actual

- Tiempo entrada- salida. Tiempo que toma a una pieza pasar por todo el flujo de procesos, incluye actividades que agregan y no agregan valor.
- Tasa “esbelta”. Es el porcentaje de tiempo de las actividades que agregan valor de entre todo el tiempo invertido en el proceso.

Por ende entre mayor sea la tasa “esbelta”, mejor se considerara el desempeño del sistema productivo. Este medible resulta clave para determinar donde se interrumpe el flujo debido a excesos de inventario, falta de material o fallas en el proceso. Se toma como medible por ser un indicador de la efectividad de las iniciativas que se realicen en la mejora de los flujos de material.

Del estado actual se parte a realizar el rediseño de distribución en planta, integrando el flujo de las familias de productos, auxiliándose de tablas matriciales para ver la secuenciación, los listados de materiales (compartidos, únicos) por la variedad de productos que a su vez se subdividen en otros dependiendo del nivel de sub ensamble de los productos.

Las mejoras significativas serán en la familia seleccionada y las propuestas se harán de manera que puedan extenderse a las demás familias, el rediseño incluye toda la planta, impacta en mayoría a la familia escogida que es la más significativa por aportación económica y volumen de órdenes a producción por requerimiento de cliente.

El rediseño de distribución de planta permitirá crear el estado futuro del sistema productivo el cual deberá estar acompañado de un plan de acción que se traduce al diseño de alternativas de mejora.

Más allá de pretender realizar el rediseño del sistema, el fin es generar la mejora en el sistema productivo, es decir, mejorar las salidas, por ello debemos diseñar alternativas englobadas en un plan de acción que ataque las debilidades que presente el mismo sistema, para poder permitir se de la integración de la cadena de valor.

El plan de acción es quien hará real el rediseño; este se puede conformar por mejoras en proceso o manejo de materiales, por lo general la mayor cantidad de desperdicios se ve en el tiempo que consumen las demoras y el transporte innecesario, cuyas causas raíces son diversas pero suelen estar íntimamente relacionadas.

Las alternativas de mejora que se propone emplear para el rediseño son:

- Control de kanbanes de producción y de transporte. Determinar tamaño o cantidad requerida en lotes de transferencia, tipo de manejo, donde puede ser almacenado el material, los puntos de re orden y secuencias que estos seguirán.
- Supermercados, FIFO.
- Orientación jalar, flujo de una pieza para establecer ritmo de producción.
- 5 S's, Kaizen, 7 desperdicios.
- Reacomodo de áreas, de acuerdo a maquinaria y/o procesos compartidos.

3.2 Alternativas de mejora no tangibles

Surgen las siguientes alternativas hacia la mejora las cuales no son tangibles, pero sí de suma importancia para el logro del plan de acción hacia el estado futuro deseado:

Planeación del mapeo de una cadena de valor

- Afianzar la cultura organizacional.
- Alinear la operación hacia los objetivos específicos de la organización y de la cadena productiva.
- Hacer del VSM básico por proceso un medio de autoevaluación, para analizar y controlar mejoras. Mapeos de cadena de valor planeados, permanentemente, de los cuales se pueden dar futuros rediseños, como camino hacia la mejora continua.
- Entrenamiento sobre el rediseño mediante VSM incluyendo nivel operativo: personal de producción.

Es necesario escoger las más idóneas, de acuerdo a las debilidades detectadas y así generar propuesta sólida, detallada, no general, con datos reales cuantitativos, que demuestren la mejora del estado actual contra el futuro.

Debe mencionarse la importancia del control de las entradas (demandas de los diferentes productos o requerimientos del o los clientes), en este caso el hablar de entradas es con el objetivo de tocar el tema de la programación de la producción, el presente trabajo no pretende profundizar en ello, pero es importante mencionar que grandes variaciones en el volumen del producto o la mezcla de productos destruyen el flujo y debilitan las metas de desempeño de los sistemas “jalar”, que es a donde se pretende ir con la implementación de las alternativas de mejora antes mencionadas.

Es necesario un flujo estable de productos y una producción nivelada. Puede lograrse algo positivo mediante un inventario de seguridad, que permita a la empresa absorber las variaciones sin salirse de sus metas. Se sugiere proponer a la gerencia analice estos puntos.

4 MAPEO DE UNA CADENA DE VALOR ESBELTA

La recopilación de información inicio con la obtención de los requerimientos de los clientes, ver anexos 4.1 y 4.2. Con esta información se partió al seguimiento y realización de una metodología ecléctica para el rediseño (Ver fig. 4.1), en ella destacan específicamente la técnica VSM planteada por Rother M. and Shook en 1998 y VNM por Khaswala and Irani en el 2001. El estudio de las familias de productos existentes se hizo por un periodo de 3 meses, podría considerársele el trabajo en campo, durante este periodo además de tratar de conocer el proceso, se realizó muestreo en tiempos de ciclo, tiempos de transporte, se tomaron distancias, se analizaron los lotes de transferencia y el comportamiento de los procesos, en cuanto a cuellos de botella, restricciones y similitudes.



Figura 4.1 Modelo de metodología para el rediseño de sistema de producción complejo

El desglose básico de los procesos por área es el siguiente (anexo 4.2):

1. Corte. Corte de cable y cubiertas de plástico.
2. Líneas. Pre ensamble manual o auxiliado por máquina. Desforres, remaches, unión de cables.
3. Moldeadoras. Moldeo Interno y externo.
4. Líneas.
 - Pre ensamble y/o Ensamble. Colocación de cubiertas, ferritas, conectores, pines y demás accesorios, paletas, unión de cable por calor.
 - Ensamble final.
5. Inspección.
 - Prueba eléctrica y de voltaje.
 - Inspección final, empaque y etiquetado.

Es importante mencionar que el orden en los procesos presenta ligeras variaciones en secuencia de acuerdo a cada uno de los productos.

4.1 Análisis P-Q

En la siguiente gráfica vemos el análisis P-Q realizado a la familia Philips, del cual 2 de los productos sobresalen en cuanto a volúmenes de ventas pronosticadas: NP 100095 y el NP 100087.

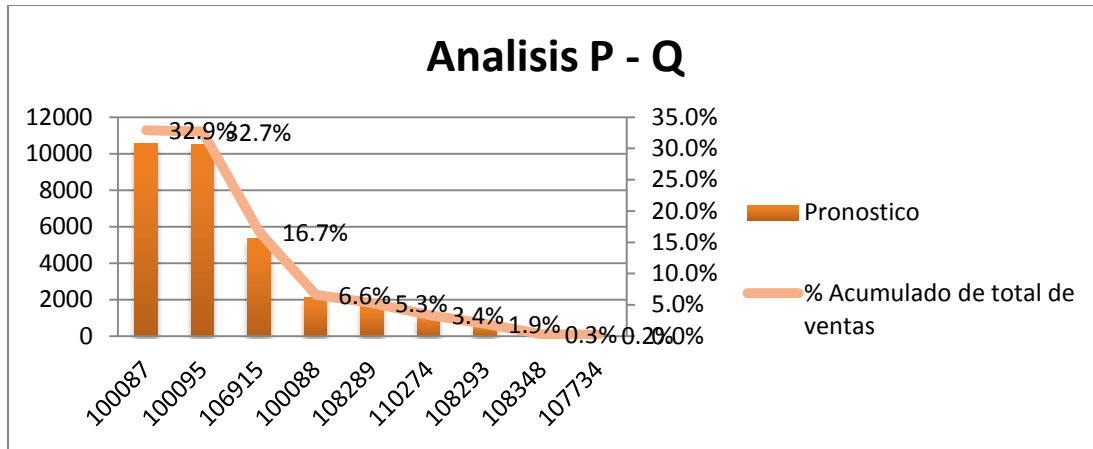
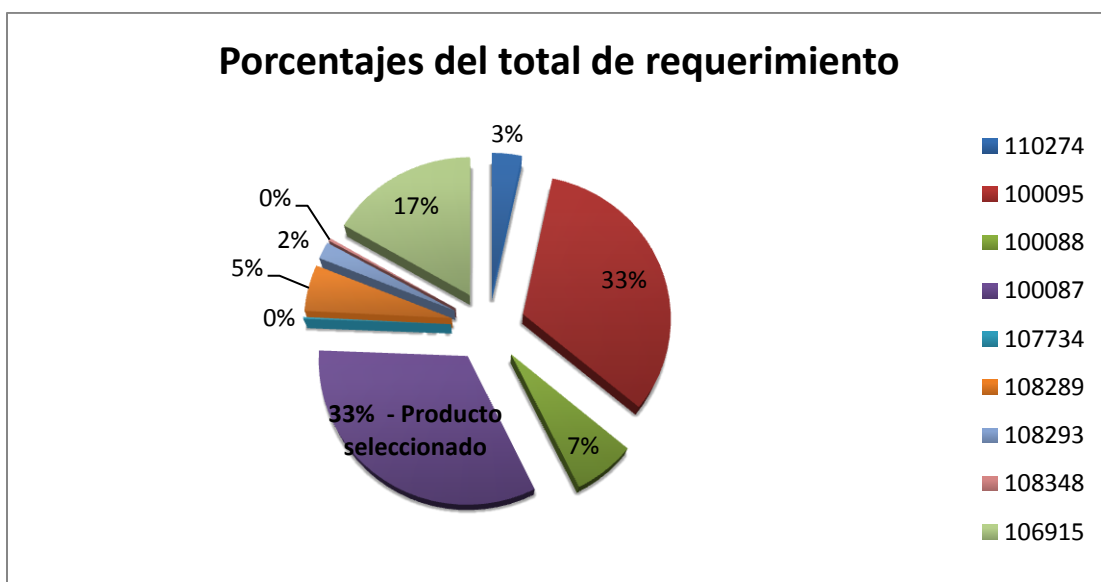


Figura 4.3 Análisis P-Q familia Philips. Ver tabla de datos: Anexos 4.1 - 4.2

Lo anterior nos permite determinar el producto que será el seleccionado para realizar el estudio de estatus, con datos cuantitativos que serán tomados en tiempo real operativo.

Podemos observar la diferencia no es significativa entre los 2 productos que sobresalen en cuanto demanda, variación porcentual de 0.2, por lo que en estos casos, historiales y aspectos cualitativos como importancia de los clientes, características del producto, así como opiniones de gerencia influyen y ayudan a la selección más conveniente y estratégica para el desarrollo del estudio.



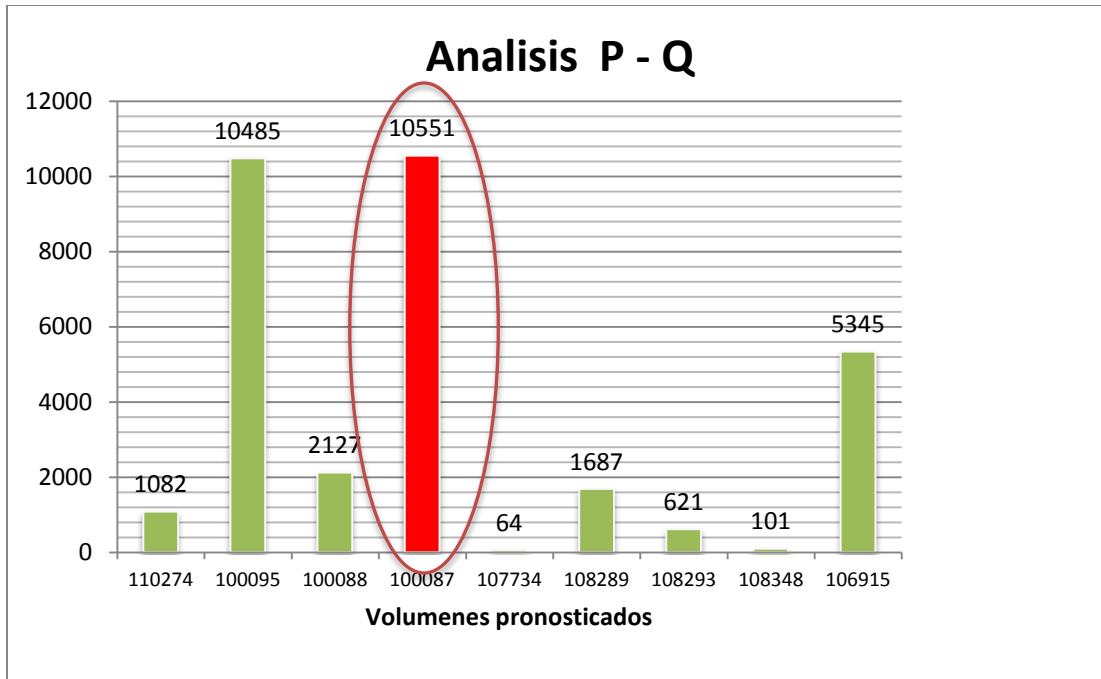


Figura 4.4 Volumenes. 100087 Producto seleccionado como punto de partida, en análisis y recopilación de datos

Una vez obtenido el estudio P-Q, se procedió a la realización del análisis de similitud, entre los distintos productos, con el cual se pretende analizar la maquinaria y procesos compartidos entre los distintos productos de una misma familia, lo cual permitirá establecer la ruta obligatoria de procesos y a su vez determinar cuáles son las restricciones y aquellos que reprimen en mayor medida el rendimiento del sistema de AAP.

4.2 Estado actual de la familia de productos seleccionada

La Fig. 4.5 muestra un consolidado de los diagramas de flujo, en los diagramas manejados por producto se ve el detalle de las operaciones, sin embargo, el diagrama deja ver cómo es que todos los productos requieren compartir procesos de una misma línea. Solo en las áreas marcadas con barras de color todos los productos analizados siguen la misma secuencia; la marca X, indica como todos los productos requieren

pasar por las todas áreas, aunque no se les realice el mismo proceso o lleven la misma secuencia a su vez varían en cantidad de operaciones, unos requieren más que otros, esto puede verse desglosado en los anexos 4.4 – 4.10.

		Proceso											
		1	2	3	3.1	4	5	6	6.1	6.2	7	7.1	7.2
Modelo	110274	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	100095	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	100088	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	100087	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	107734	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	108289	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	108293	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	108348	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	106915	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Figura 4.5 Matriz proceso - Modelo

Mapeo de una cadena de valor esbelta

Nombre de proceso	Cantidad maquina /operador disponible
1. Corte. Corte de cable y forro plástico.	2
2. Líneas. Pre ensamble. Desforres, remaches, unión de cables, son preparaciones como pre ensamble.	1
Desferradoras	2
Remachadoras	1
Maquina de unión de cables	1
3. Moldeo Interno.	
3.1 Moldeo externo	9
4. Líneas. Ensamble. Colocación de cubiertas, ferritas, conectores, pines y demás accesorios, paletas, unión de cables.	1
Desferradoras	1
Remachadoras	1
Máquina para unión de cables por calor.	1
5. Líneas. Ensamble final.	1
6. Inspección.	1

6.1 Prueba eléctrica.	1
6.2 Prueba de voltaje.	1
7. Inspección.	1
7.1 Empaque.	1
7.2 Etiquetado.	1

Figura 4.6 Descripción de procesos y disponibilidad de maquinaria en cada uno de ellos

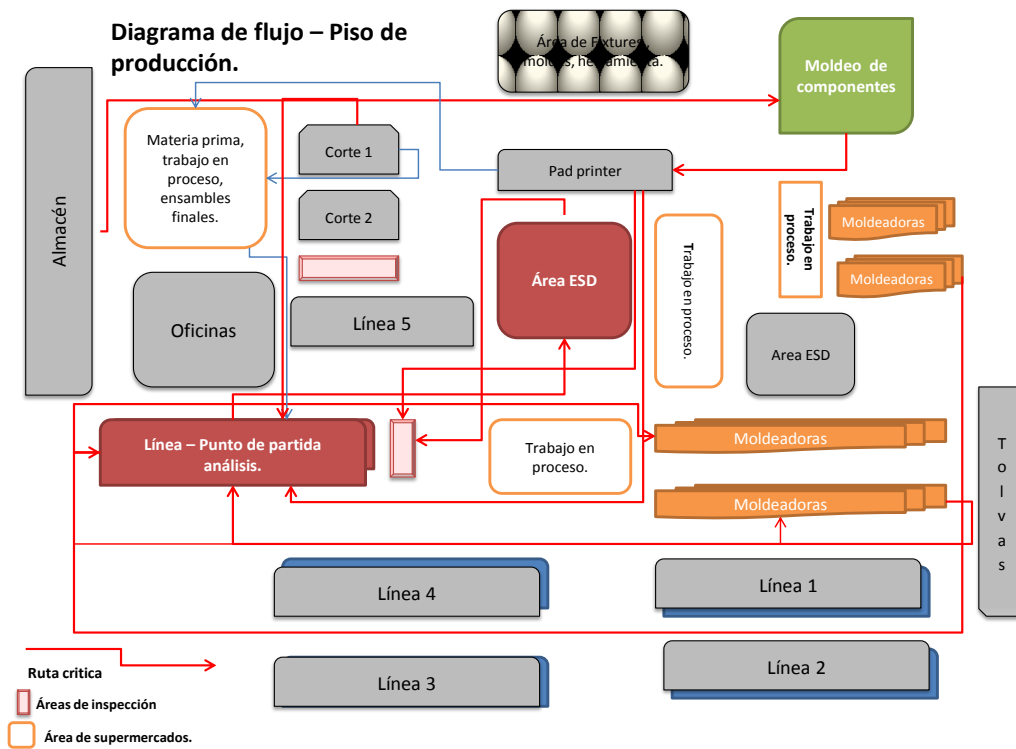


Figura 4.7 Diagrama de flujo. Ruta obligatoria

En el diagrama de flujo, se ha resaltado la ruta obligatoria de la familia de productos seleccionada, siendo aquella conformada por los procesos que no pueden ser omitidos para poder completar la producción de cualquiera que sea el modelo deseado, se traduce como la ruta imprescindible a seguir en el procesamiento de un producto. Las líneas que quedan fuera de la ruta obligatoria, se han observado son en su mayoría transportes de material que se realizan cuando el siguiente proceso lo permite, por tener material en espera (trabajo en proceso) o bien materia prima suficiente en los bins de las estaciones de trabajo, dichos transportes son manuales, no se tienen estandarizados lotes de transferencia.

Los datos analizados de mayor relevancia para el estudio, son desglosados a continuación:

- **Tiempos de ciclo por producto.** Los tiempos fueron tomados en muestreos reales, no de registros en sistema. Se hizo una comparación entre los tiempos que se tienen registrados en el sistema MRP interno contra los que se muestrearon y la diferencia entre ambos grupos fue significativa por lo que se optó por manejar los tiempos muestreados y proseguir con el muestreo.
- **Lotes de producción.** Cantidad de piezas programadas a producirse, no estandarizadas el tamaño de las ordenes que entran a producción varían.
- **Lote de transferencia.** No están estandarizados, pero se detectan tendencias, operadores experimentados aplican criterios propios de acuerdo a pasadas experiencias al haber trabajado ya con el producto. El tamaño predominante es de 50 piezas para cable con ningún o mínimo procesamiento que ha pasado por los procesos número 1, número 2, o número 3. Del proceso 3 en adelante se ve la división de estos lotes en cantidades de 25 piezas, el material en proceso ya cuenta con la incorporación de mas accesorios (cubiertas, pines, terminales, ferritas, conector y material moldeado), que aumentan el peso de las charolas y el volumen del cable es mayor, las charolas siguen siendo las mismas por lo que el material ya no cabría de manejar el tamaño de lote inicial.

- **Trabajo en proceso.** Hay acumulamiento entre procesos, no existen métricos, cantidades, mínimos o máximos establecidos, pero se detectan en promedio del proceso 2 al 3, acumulamiento promedio de 2 charolas de 50 piezas.
- **Tiempos de cambio.**
 - Preparación de maquinaria: tiempo máximo 34.57 minutos en área de moldeo.
 - Cambio de material en bines, empaque y desempaque de material que lo requiere: Tiempo promedio 13.43 minutos.
 - Almacenamiento de trabajo en proceso por cambios repentinos contra el plan de producción ya establecido: tiempo promedio 16.93 minutos
- **Distancias entre procesos.** Las de mayor relevancia:
 - Mínima 1 metro (de ensamble final a inspección).
 - Máxima 15 metros (de corte a línea – ensamble).
- **Manejo de materia prima.** Todo el manejo de materia prima es manual, Las entregas de almacén a supermercado de kits son hechas por almacenistas, se tiene ruta diaria al iniciar turno, entregas de almacén a piso de producción de acuerdo a solicitud (esto si falta algún material o había algún material corto en dicho kit al momento de surtirse) ,el autoservicio de operadores que toman material de supermercados es al momento de iniciar una orden de producción , estos recogen el kit de la orden de producción a procesar y acomodan material en su área de trabajo , el surtido de resinas de moldeo es hecha por los empleados del área de moldeo, de almacén al área de tolvas y de tolvas a moldeadoras; por último la requisición y entrega de materia prima producida en planta para autoconsumo es surtida por almacén al área que la requiere si es que el material moldeado completo el proceso de recibo y almacenamiento para distribución interna, de no ser así es surtida directamente del área de estampado a la línea de producción.

Mapeo de una cadena de valor esbelta

La fig. 4.8 muestra el diagrama de operaciones por niveles de ensamble, requeridos para elaborar el producto 100087 de la familia seleccionada. Vemos que idealmente el tiempo de procesamiento de un producto sería de 6974.7 segundos equivalente a 1.94 hrs. donde no se consideran los tiempos de set up, paros no programados, demoras por transportes, cuellos de botella, ni cualquier otro tiempo muerto.

Mapeo de una cadena de valor esbelta

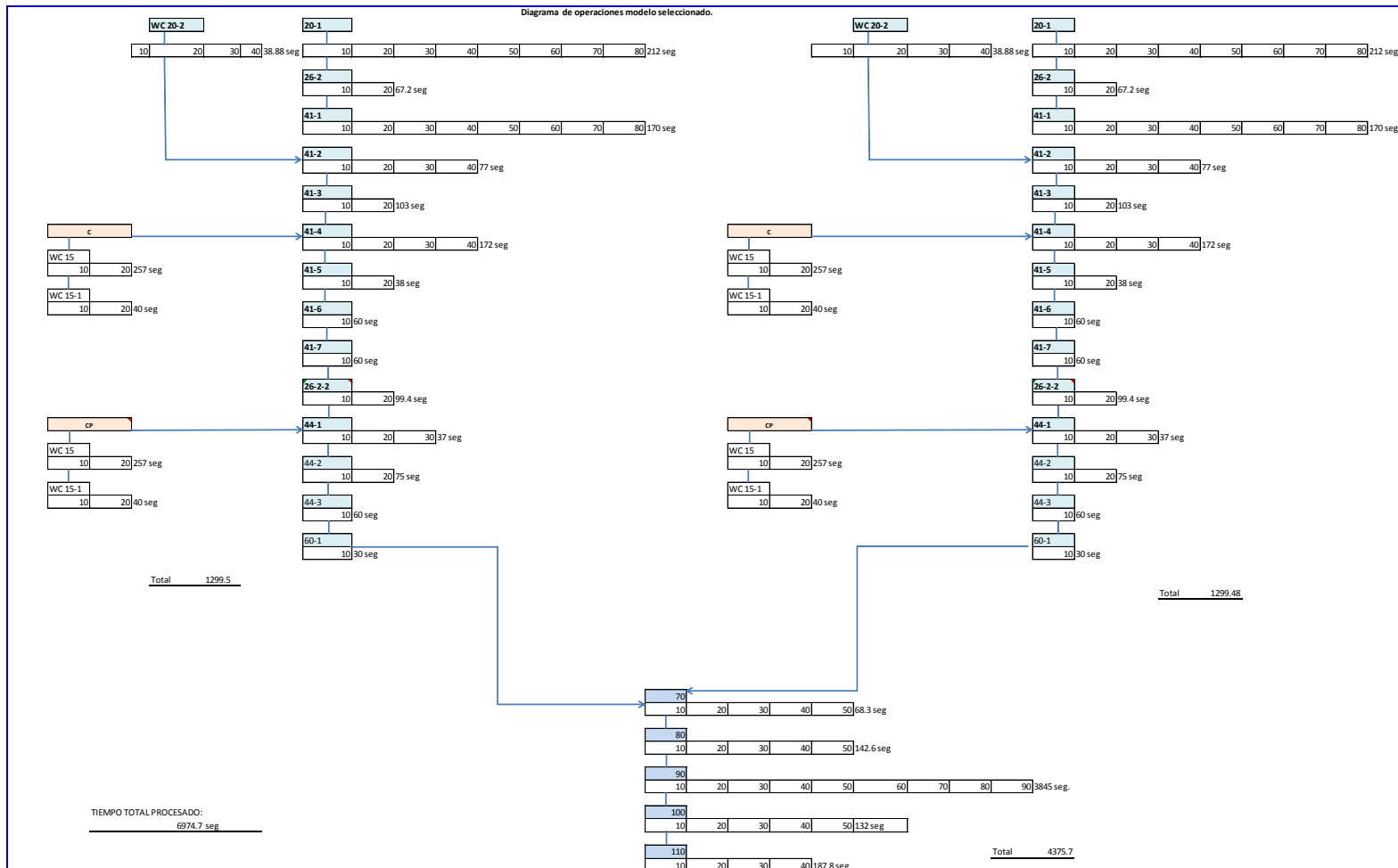


Figura 4.8 Diagrama de operaciones modelo 100087

Mapeo de una cadena de valor esbelta

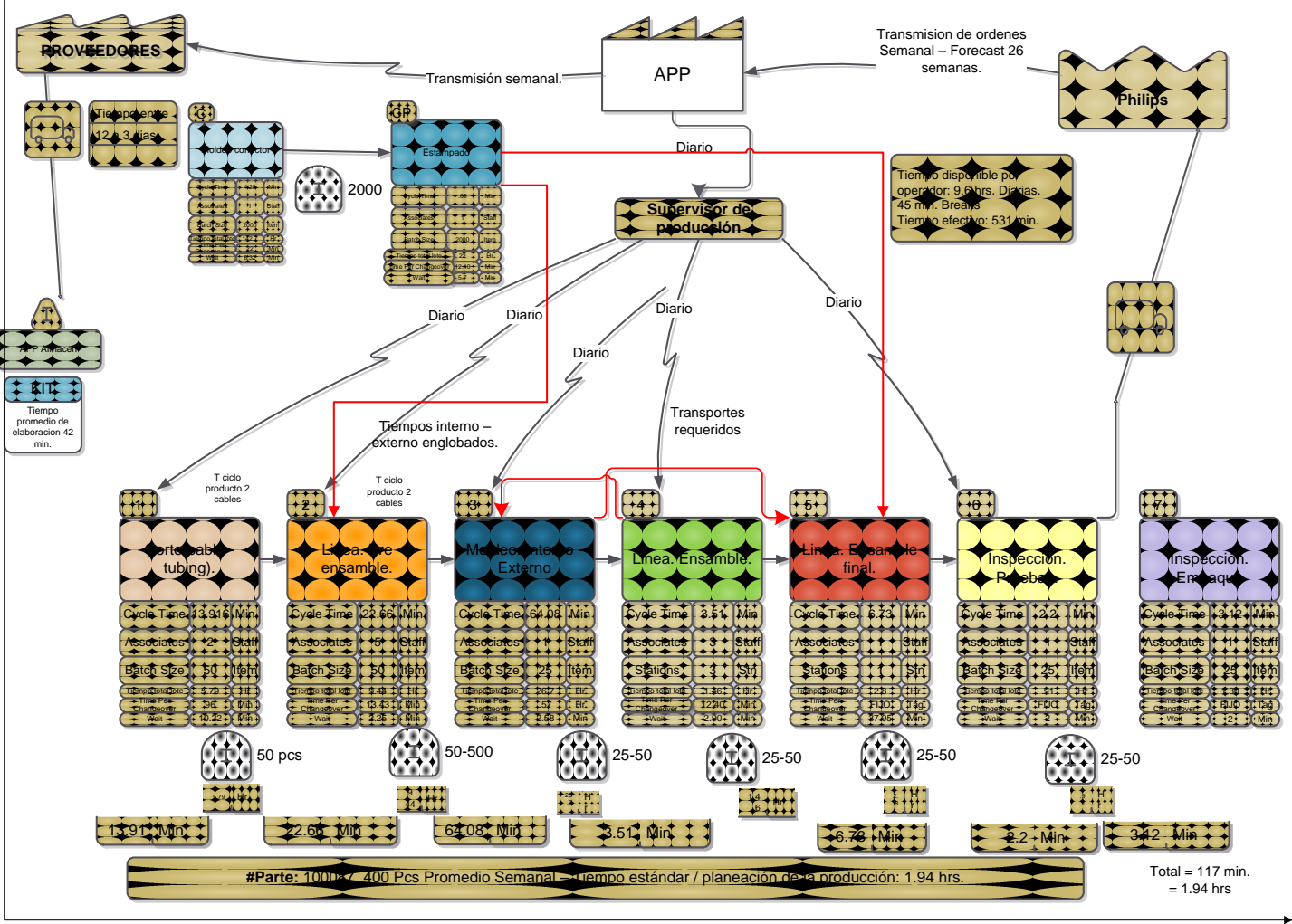


Figura 4.9 Mapa del estado actual producto 100087

Es de suma importancia prestar atención a los datos cuantitativos mostrados en el estado actual, lo alto que es el desperdicio de tiempo en espera pero sobre todo en cambios. En la fig. 4.9 como resumen de los mismos, en total la producción de un producto 100087, consume 5.54 hrs, siendo solamente 1.94 hrs. las generadoras de valor.

Los procesos C y CP (moldeo y estampado de conectores realizados dentro de planta para autoconsumo), no entraron en este cálculo por llevarse a cabo paralelamente a estos procesos, es decir, no entran en esta secuencia. Importante mencionar a pesar de estos no estar incluidos en el cálculo anterior, resultan determinantes para la producción del producto final, actualmente se busca mantener inventario suficiente de los conectores producidos y estampados dentro de la planta, el cual permita soportar cierto número de órdenes, de tal forma que éstos no sean una restricción a la producción de números de parte que los requieren.

	Areas								
Tiempos	1	2	3	4	5	6	7		
Tc	13.916	22.66	64.08	3.51	6.73	2.2	3.12		
T Cambios	96	13.43	34.2	12.4	0	0	0		
T Espera	10.22	2.25	2.58	2.9	37.95	2	2		
Totales	120.136	38.34	100.86	18.81	44.68	4.2	5.12	332.146	Min.
								Tiempo de producción real	5.535767 Hrs.

Figura 4.10 Procesamiento real con tiempos de cambio y espera

Mapeo de una cadena de valor esbelta

El área de mayor oportunidad detectada es el área de corte (1), el tiempo de no generación de valor es casi 8 veces mayor que el tiempo que si genera valor al producto (fig. 4.11).

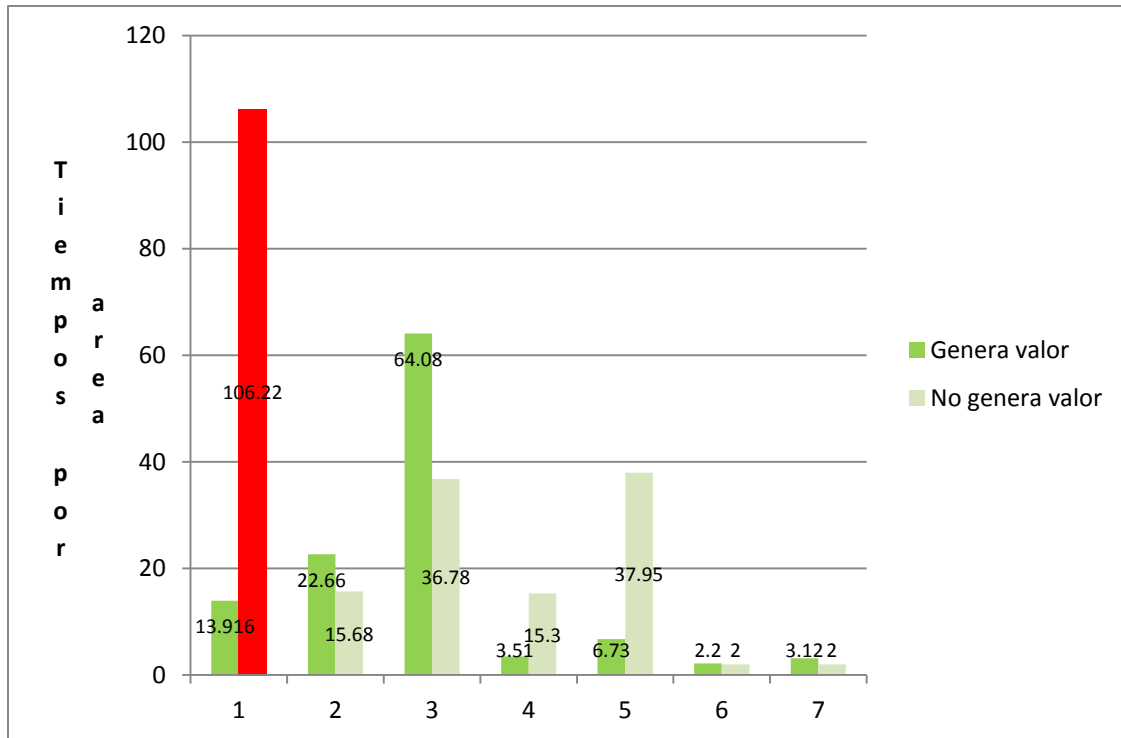


Figura 4.11 Tiempo valor - no valor por área

Medidas de desempeño:

- Tiempo entrada- salida: 332.14 minutos. 5.54 hrs.

Tasa esbelta 116.216 Tiempo que agrega valor

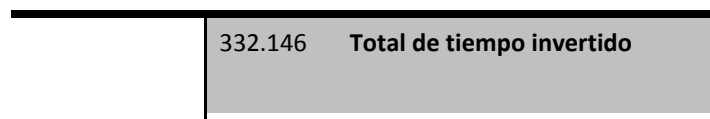


Figura 4.12 Tasa esbelta

- Tasa “esbelta”: 35 %

Desperdicio principal identificado: tiempo.

4.3 Identificación de desperdicios, establecimiento de causas de demora y propuestas de mejora

Mediante la aplicación de las propuestas mencionadas en la tabla 4.1, se pretende tener como resultado una nueva tasa esbelta del 58%. Es decir un aumento de la misma del 23%. Obteniendo un tiempo nuevo de procesamiento.

Se propone adicionalmente evaluar la posibilidad de procesar una misma orden en dos máquinas moldeadoras, se observó disponibilidad de equipo, y el trabajar de esta manera, propiciara rapidez en disponibilidad. La idea es reducir en 50% el tiempo de ciclo (TC) de área de moldeo y acelerar el flujo de material en proceso al área de ensamble final, buscando tener mínimo una charola de 25 piezas en supermercado para asegurar 168 minutos de proceso continuo y no tiempo caído en el área.

Todas las propuestas mencionadas van enfocadas a la reducción de desperdicios de tiempo, más que a la mejora de tiempos de proceso, se pretende antes que querer mejorar tiempos de valor eliminar lo que no agrega valor, la única propuesta de este tipo es la hecha para el área 3 (moldeo); con esta propuesta de evaluar la posibilidad de procesar una misma orden en dos máquinas moldeadoras y reducir al 50% el TC de esta área, aun se ve muy lejos la meta de mantener el ritmo de producción, sin embargo el sistema de producción no es pieza por pieza, si no por lotes que se auxilian de los supermercados, de ahí se tomara ventaja para lograr cumplir con los objetivos planteados al inicio del presente estudio.

Mapeo de una cadena de valor esbelta

Área	Tiempo de cambios Oportunidad detectada	Acción Propuesta	Reducción por área		Tiempo de espera Oportunidad detectada	Acción Propuesta	Reducción por área		REDUCCION TOTAL		
1	Corte	Procesado de 2 órdenes a la vez, para reducción de un set up semanal.	La primera semana que se realice esto, se tendrá en supermercado lo de la siguiente semana ya pre cortado. Modo de trabajo: 1 semana en proceso, 1 semana en supermercado.	-48	50%	Espera de entrega de material por parte de almacén, rollos de cable, tiras de forro plástico.	Entrega de plan de producción a personal de Almacén, tener el material en línea al tiempo requerido.	-10.22	100%	-58.22	55%
2	Linea. Pre ensamble	Cambios de distribución por producto y sustitución de equipo manual.	Re distribuir el área, eliminar equipo obsoleto. Tener siempre disponibles en esta área maquinas remachadoras que pueden ajustarse a los diferentes calibres de cable.	-13.43	100%	Copiado manual de reporte	Solicitado por cliente - trazabilidad	0	0%	-13.43	86%
3	Moldeo. Interno. Externo.	Ir por material a tolva después de que queda listo el ajuste de parámetros.	Mientras mecánico ajusta parámetros, operador debe ir por material de tolva requerido.	-4.51	13%	Copiado manual de reporte	Solicitado por cliente - trazabilidad	0	0%	-4.51	12%

Mapeo de una cadena de valor esbelta

		Esperar a personal de calidad para liberación de primeras piezas	Rondas de personal de calidad para liberación de material, o bien reasignar el lugar de trabajo de 1 auditor de calidad.	-7.37	21%			0	0%	-7.37	48%
4	Línea. Ensamble.	Colocación de material en bins, desempacar materia prima a utilizar en orden de nuevo modelo, conectores, ferritas, unión de cables, etc.	Bins listos en supermercado de kits, surtir material de bins pequeños desde almacén, el material común surtido semanal por ordenes a producir, no por kit.	-9.92	80%			0	0%	-9.92	65%
5	Línea. Ensamble Final.					Material en proceso de moldeo no esta listo para siguiente proceso. No llegan en tiempo lotes para procesamiento y se da el ocio.	Trabajar en área de moldeo, orden 2 personas a la vez. 1 en maquina otra en manejo de material. Ver posibilidad de procesar orden en dos maquinas moldeadoras, se observo disponibilidad de equipo, en	-37.95	100%	-37.95	100%

Mapeo de una cadena de valor esbelta

							repetidas ocasiones. Cuidar tener 1 charola mínimo en supermercado equivalente a 25 piezas y 168.25 tiempo proceso.				
6	Inspección Pruebas.					Copiado manual de reporte	Solicitado por cliente - trazabilidad	0	0%	0	0%
7	Inspección Final.					Copiado manual de reporte	Solicitado por cliente - trazabilidad	0	0%	0	0%
TOTALES POR TIPO					-83.23	-53%		-48.17	-80%	-131.4	61%

Tabla 4.1 Oportunidades detectadas y alternativas de mejora

4.4 Creación del estado futuro

Para el estado futuro la meta a alcanzar es mantener la producción a un ritmo de una pieza empacada cada 4.98 minutos, para así cumplir con el requerimiento de 400 piezas promedio por semana; por lo que para poder alcanzar el ritmo de producción requerido, el TC máximo permitido por área debe ser de 4.98 minutos, sin embargo los tiempos de ciclo reales fluctúan entre 2.2 y 64.08 minutos, lo cual es alarmante pues al observar el TC mayor, para poder alcanzar el ritmo de producción deseado se necesitaría reducir casi 13 veces el TC de esa área.

La figura 4.13 muestra el estado futuro, representando en forma general como son necesarios los supermercados entre las estaciones y el lote de transferencia definido. En el estado futuro los TC van de 32.04 a un mínimo de 2.2.

Para poder alcanzar el ritmo de producción necesario, se tomara una estrategia distinta, más que querer reducir todos los TC mayores a 4.98, el enfoque es mantener la producción estable en las 4 últimas áreas cuyos Tc van de 2.2 a 6.73 ; de tal forma que siendo el mayor TC el de 6.73 en el área de ensamble final, a este ritmo de producción la producción semanal sería no mayor a 394 piezas sin considerar tiempo muerto lo cual sabemos sería algo irreal y aun así no alcanzaría el requerimiento promedio. Por lo que hay 2 alternativas: la primera sería aumentar el tiempo efectivo programando tiempo extra, necesitando 539 minutos efectivos para el logro de 80 piezas diarias y así cumplir semanalmente con el requerimiento, otra opción sería ver la manera de reducir el tiempo de ciclo con equipo o personal más eficiente. Para las áreas 1, 2 y 3 que exceden en gran medida el límite de tiempo de ciclo que debemos lograr, es por default que no deben de parar su producción para mantener los supermercados en sus mínimos y así no parar el abastecimiento a las siguientes áreas, para poder implementar el estado propuesto sería necesario generar los supermercados de material en proceso de dichas áreas, para lo cual la inversión inicial será el tiempo extra que las mismas requieran.

La tabla 4.2 muestra por área, los niveles de supermercado mínimos y máximos a mantener en un estado futuro, para que se garantice el flujo en la producción, de una estación a otra, se calculó el tiempo mínimo y máximo que el supermercado garantiza mantener la producción de la estación subsecuente. Se establece una meta en tiempo a soportar por el supermercado, la cual está determinada por el tiempo que le toma al proceso generar una pieza para la siguiente estación, en este, se incluyen los tiempos de demora y cambios de herramental que no pueden ser eliminados. Solamente el área de pre ensamble, tiene un tiempo de procesamiento menor a su área subsecuente, lo que permitiría tener el supermercado en cero y aun así teóricamente no tener paro en el proceso de moldeo por falta de material en proceso. Para los niveles máximos de supermercado se ha manejado el tamaño estándar de charolas con el que cuenta la planta, considerando el volumen del material en cada una de las áreas, por lo que el mantener el tamaño más predominante de los lotes de transferencia actuales resulta conveniente y no añadiría inversión económica alguna. Se sugiere la creación de kanbanes para controlar la transferencia de material de un área a otra, conservando lo mencionado anterior, en la tabla 4.2 vemos el desglose de charolas necesarias en supermercado, la cantidad de charolas requeridas es proporcional a las tarjetas kanban a tener en cada una de las áreas, el máximo por charola es de 25 piezas y el mínimo a tener en una charola es la cantidad determinada como mínima para garantizar el flujo del proceso; si en un futuro la planta deseara bajar los niveles de inventario de material en proceso, podría atacar estas cantidades máximas, reduciéndolas al mínimo, pues en teoría el flujo debería mantenerse, sin embargo para el caso actual, dada la poca estabilidad que se tendría en un inicio, lo más conveniente es conservarlos y tratar de mantenerlos para protección del flujo.

Mapeo de una cadena de valor esbelta

			1	Inicio - Arranque Estado Futuro	Manten er flujo	2	Supermerc ado	3	Supermerc ado	4	Supermerc ado	5	Supermerc ado	6	Supermerc ado	7
			Corte	Piezas a soport ar de la sig estacion	Piezas a soport ar de la sig estacion	Linea - Pre ensam ble	Piezas a soportar de la sig estacion	Mold eo - Intern o - Exter no	Piezas a soportar de la sig estacion	Linea - Ensam ble	Piezas a soportar de la sig estacion	Linea - ensamble Final	Piezas a soportar de la sig estacion	Inspeccion - Pruebas	Piezas a soportar de la sig estacion	Inspeccio n - Empaque
		Meta tiempo a soportar		61.92	61.92		24.91		56.94		8.89		6.73		4.2	
Kanban es	Mini mo	Piezas	1	800	3	1	1	1	17	1	2	1	4	1	2	EMPACA DO A ALMACEN
		Charolas	1	32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Maxi mo	Piezas	50	1000	1000	50	50	50	50	50	50	25	25	25	25	
		Charolas	2	40	40	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	

Tabla 4.2 Kanbanes en supermercado

Determinar los niveles de supermercado permite conocer en tiempo de línea, cuánto tiempo el sistema es capaz de soportar sin paro, en situaciones en las se tenga un problema de equipo, o cualquier percance que genere tiempo muerto, la tabla 4.3 nos muestra los escenarios máximo y mínimo en supermercado, los tiempos que el supermercado nos permitiría absorber sin paro en la producción. Para el presente caso de estudio el espacio no constituye un problema dado que el material no excedería los espacios asignados actualmente para supermercado de materia prima y trabajo en proceso, dependiendo del caso estudiado es necesario analizar espacios requeridos, para determinar si se requiere espacio adicional y en su defecto si se cuenta con él. Es importante considerar la posibilidad de sobreproducción al tener caído un proceso, pues aunque el proceso subsecuente seguiría jalando material de supermercado al antecesor, el proceso no caído generaría material que se acumularía en supermercado mismo que pudiera llegar a su límite. El ajuste en capacidad de supermercado para mínimos y máximos será requerido de acuerdo al comportamiento del proceso, al historial en tiempos caídos, ya sea por fallas comunes en equipos, mantenimientos preventivos o correctivos en horas efectivas de ser necesarios, etc.

Lo anterior no se considero en la determinación de supermercados hecha en este estudio, pues no se tienen documentados como tal la duración de los periodos de tiempo caído no programados, en base a un análisis de historial a documentar, se determinarían tiempos promedio por área, después incluir estos tiempos en los tiempos meta a soportar con supermercados por estación, la cantidad de kanbanes debe garantizar que el paro de un área o estación no implique paro en estaciones previas o subsecuentes. Por otro lado si fuesen necesarios los paros para mantenimientos preventivos en horas efectivas, habría que determinar y asignar por área, tiempos de paro programados semanalmente, el arreglo en secuencia de mantenimientos y cantidad de kanbanes debe garantizar no paro en otra estación que no sea la que está programada.

El hacer dicho ajuste, no impactaría en reducir o aumentar los tiempos de producción establecidos, más bien permitiría mantenerlos y así a su vez mantener la tasa de esbeltez, no se estaría reduciendo el tiempo total de procesamiento ni aumentando el tiempo de generación de valor, si no que se pretende mantener y no exceder el tiempo total de procesamiento ya determinado, por lo que el impacto sería en los resultados o salidas en piezas del sistema productivo, se esperaría cumplir con las metas de TC por área y mantener el ritmo de producción.

5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se desarrollan las conclusiones observadas mediante el análisis de la investigación realizada, también recomendaciones potenciales al caso presentado en este proyecto así como trabajos futuros que surgieron.

5.1 Conclusiones

La hipótesis planteada en la presente investigación sobre la mejora del flujo de materiales y la productividad de los procesos analizados, se demuestra lograda mediante el empleo de técnicas de mapeo en el rediseño de un sistema productivo, esto se ve reflejado en la mejora de 23% de la tasa esbelta, pues se reduce el tiempo de no generar valor, haciendo que los procesos den los mismos resultados en tiempos menores, el flujo de materiales mejoró gracias a la organización de los supermercados con niveles estandarizados (máximos y mínimos), que a su vez disminuyen los paros de producción por falta de material y la saturación de material en proceso o cuellos de botella.

El éxito del mapeo está en que nos permite obtener un diagnóstico, pero no se da por concluido hasta que no se genera un plan de acción que nos permite dar el paso al cambio, es decir una vez detectados los puntos débiles, directamente en todas las variantes encontradas de mapeo la metodología fuerza a la creación de un plan de acción para el logro de la mejora o lo que se conoce como el estado futuro.

Se encontró también que para el logro de la integración del flujo entre las familias y poder establecer un ritmo en la producción es necesario contar con kanbanes y lotes de transferencia propiamente determinados de acuerdo a los tiempos de procesamiento para garantizar mantener el control y flujo constante, para de tal forma

poder reducir el tiempo que a una pieza le toma completar todo su proceso de producción.

Cuando buscamos determinar el ritmo de producción, hay restricciones de procesos que requieren especial atención, se encontró que siempre hay ciertos procesos que marcan este ritmo por generar el mayor tiempo de ciclo y así pasan a ser la mayor restricción al querer mejorar el tiempo de salida de una pieza; estos procesos pueden estar o no integrados directamente en la producción o pueden ser procesos paralelos, al ser procesos paralelos puede ser muy frecuente creer que no son de relevancia para reducción o control del ritmo de producción pero como fue en este caso de estudio, podemos descubrir que afectan más de lo que se pensaba, llegando inclusive a restringir el inicio del proceso productivo.

5.2 Recomendaciones

Es de suma importancia el considerar las variaciones en volumen o mezcla de productos, pues grandes variaciones destruyen el flujo, se pueden realizar bastantes análisis y establecer múltiples estados futuros, pero si no se cuenta con volúmenes estables, se destruyen por completo los flujos, será imposible mantener la producción a una salida determinada, si las entradas que damos al sistema no son constantes. Por lo que, para mantener un flujo estable de productos y una producción nivelada, es necesario contemos con entradas que sean también lo más estables y niveladas posibles, para ello es necesario un análisis de otro tipo, que involucra demandas, requerimientos de cliente con pronósticos a largo plazo e involucramiento de niveles gerenciales.

5.3 Trabajos futuros

Lo anterior nos lleva a mencionar trabajos futuros que mejorarían las aportaciones que se han hecho a la organización con el presente estudio: realizar una planeación en base a demandas pronosticadas a largo plazo, lo cual permitiría absorber las variaciones en las cantidades que actualmente se manejan en las ordenes y así

Conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros

mantener una producción nivelada que permitiera trabajar a un ritmo de producción establecido, sobre el cual AAP podría enfocarse en mejorar, la atención que actualmente se presta a lograr las cantidades que deben embarcarse, se desviaría a mejorar los procesos y mantener los flujos, pues el cumplir con los requerimientos no sería una preocupación de gran relevancia si es que se tuviera la certeza del cumplimiento de lo que el cliente solicita sin problema alguno, otra aportación sería el probar el rediseño o estado futuro mediante software de simulación una alternativa es Process Simulator, evaluando así el comportamiento, corregir detalles o bien afinar el rediseño, una aportación más ambiciosa sería auxiliándose de la simulación evaluar la reubicación de las áreas de producción en escenarios múltiples con el afán de reducir distancias de transporte de material que conllevarían a reducir la generación de no valor en transportación interna (materia prima y material en proceso), mismo que podría traducirse en reducción de horas hombre.

Por último, queda pendiente el ajuste en la capacidad de supermercados para mínimos y máximos de acuerdo al comportamiento del proceso y al historial en tiempos caídos, no programados o programados, para así garantizar con mayor seguridad el sistema mantendrá la tasa esbelta y el ritmo de producción necesario para soportar los requerimientos del cliente.

6 BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, R. et al. (2009) Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools. *Int J Adv Manuf*, Vol. 43, pp. 949–958.
2. Barcia, K. and De C, L. (2007) Metodología para mejorar un proceso de ensamble aplicando el mapeo de la cadena de valor (VSM). *Revista sTecnológica ESPOL*, Vol. 20 (1), pp.31-38.
3. Bhim, S. and Sharma, S.K. (2009) Value stream mapping as a versatile tool for lean implementation: an Indian case study of a manufacturing firm. *Measuring Business Excellence*, Vol. 13 (3), pp. 58-68.
4. Boyle, T. (2006) Towards best management practices for implementing manufacturing flexibility. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 17(1), pp. 6-21.
5. Braglia, M. et al. (2006) A new value stream mapping approach for complex production systems. *International Journal for Production Research*. Vol. 44 (18 – 19), pp. 3929 – 3952.
6. Duggan, K. J. (2002) Creating mixed model value streams. *Practical lean techniques for building to demand*. Nueva York, EEUU: productivity Press.
7. Fontanini, P.S. (2009) Análise do impacto potencial da aplicação dos princípios da mentalidade enxuta nos indicadores de desempenho da cadeia de suprimentos da construção civil a partir de simulação. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

8. Fontanini, P.S. and Picchi, F.A. (2004) Value stream macro mapping- A case Study of aluminum Windows for construction supply chain. *Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-12)*, Elsinore, Denmark.
9. Goubergen, V. and Landeghem, H. V. (2005) Using value stream mapping to Redesign Engineering Project work. *Virginia Polytechnic Institute and State University*. Van Goubergen P&M gcv.
10. Gunasekaran, A. (1999) Agile manufacturing: A framework for research and development. *International Journal of Productions Economics*. Vol. 62, pp. 87 - 105.
11. Hines, P. and Rich, N. (1997) The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, pp. 146-64.
12. Khaswala, Z. N. and Irani, S.A. (2001) Value Network Mapping (VNM): Visualization and Analysis of Multiple Flows in Value Stream Maps. *Proceedings of the Lean Management Solutions Conference*. St. Louis, MO.
13. Lau, H. and Mak, K. (2004) The design of flexible manufacturing using an extended unified framework. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 15 (3), pp. 222-238. 1
14. Marchwinski and Shook, J. (2003) *Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*, Massachusetts, EEUU: Lean Enterprise Institute.
15. ProModel Corporation 2011. ProModel Corporation, Orem, UT, visitado el 06 de junio del 2011, <www.promodel.com>.
16. Raguette, A. (2012) Master data management: Adding value to MRO and strategic sourcing initiatives. *Apics magazine* January / february, pp. 27-29.

17. Rother, M. and Shook, J. (1998) *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate Muda*. Massachusetts, EEUU: Lean Enterprise Institute.
18. Serrano, I. and De castro, R. (2008) An evaluation of the value stream mapping tool. *Business Process Management Journal* Vol. 14 (1), pp. 39-52.
19. Serrano, I. (2007) Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos. Ph.D. Thesis, Dept. D'organització, Gestió empresarial I Disseny de producte, Universitat de Girona, España.
20. Shahrukh, I. (2000) Value Stream Mapping in Custom Manufacturing and Assembly. *The Ohio Manufacturer*, Num. 9, pp. 12-13.

7 ANEXOS

Numero de parte proveedor	110274	100095	100088	100087	107734	108289	108293	108348	106915	Total Forecast 26 semanas
Cantidad total pronóstico 26 semanas	1082	10485	2127	10551	64	1687	621	101	5345	32063

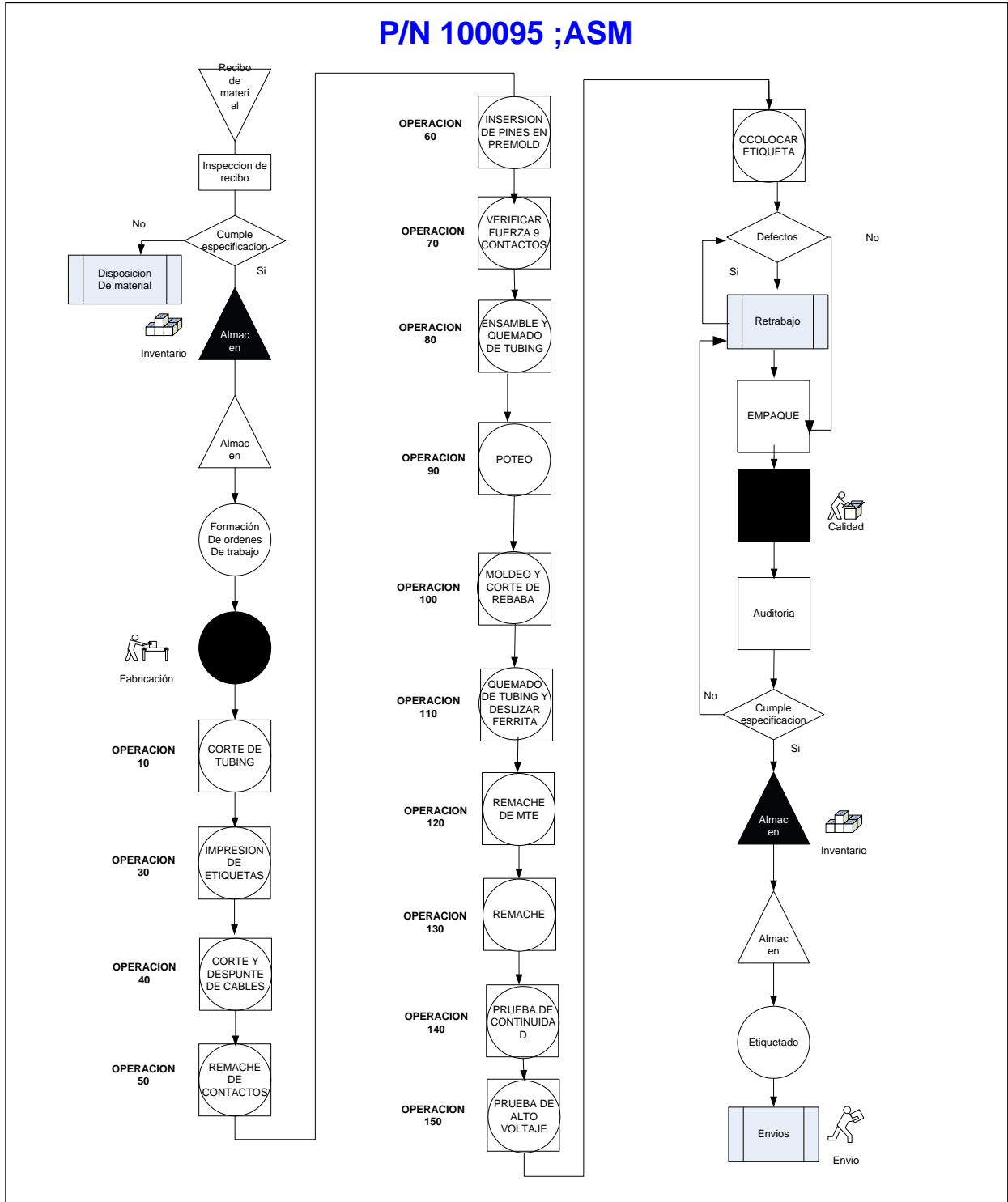
ANEXO 4.1 Requerimientos de clientes.

	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	
Numero de parte proveedor	2/14/2011	2/21/2011	2/28/2011	3/7/2011	3/14/2011	3/21/2011	3/28/2011	4/4/2011	4/11/2011	4/18/2011	4/25/2011	5/2/2011	5/9/2011	5/16/2011	5/23/2011	5/30/2011	6/6/2011	6/13/2011	6/20/2011	6/27/2011	7/4/2011	7/11/2011	7/18/2011	7/25/2011	8/1/2011	8/8/2011	
110274	25	17	20	7	11	7	35	72	87	29	24	23	89	24	10	33	88	23	18	34	98	33	33	25	91	25	1082
100095	87	26	48	26	24	48	44	43	30	47	32	32	36	64	64	51	34	32	25	54	49	42	39	46	40	32	10485
100088	16	35	40	12	28	55	16	45	46	40	16	40	40	28	17	42	42	33	16	47	47	46	14	39	39	2127	
100087	62	41	30	20	48	46	41	67	34	34	29	65	29	29	19	71	30	30	24	71	35	35	35	62	28	28	10551
107734	1	2	1	1	0	1	5	2	3	2	6	2	2	2	5	2	2	2	1	6	2	2	2	6	2	2	64
108289	72	9	63	51	4	55	84	84	59	73	58	96	58	58	53	88	55	59	44	119	89	81	86	62	62	65	1687
108293	11	14	8	4	3	25	19	33	13	17	13	15	13	13	7	19	12	12	19	19	18	18	18	16	14	14	621
106915	18	0	0	10	0	0	1	20	0	0	0	10	0	1	10	0	0	11	0	0	0	10	0	0	10	0	5345
109915	36	22	23	19	19	15	25	21	21	21	19	19	19	19	15	20	20	21	17	20	20	20	20	21	16	17	32063
Total Pronóstico 26 semanas	21	97	11	86	10	17	13	16	10	12	95	14	10	12	53	17	10	98	77	18	13	11	11	15	10	93	

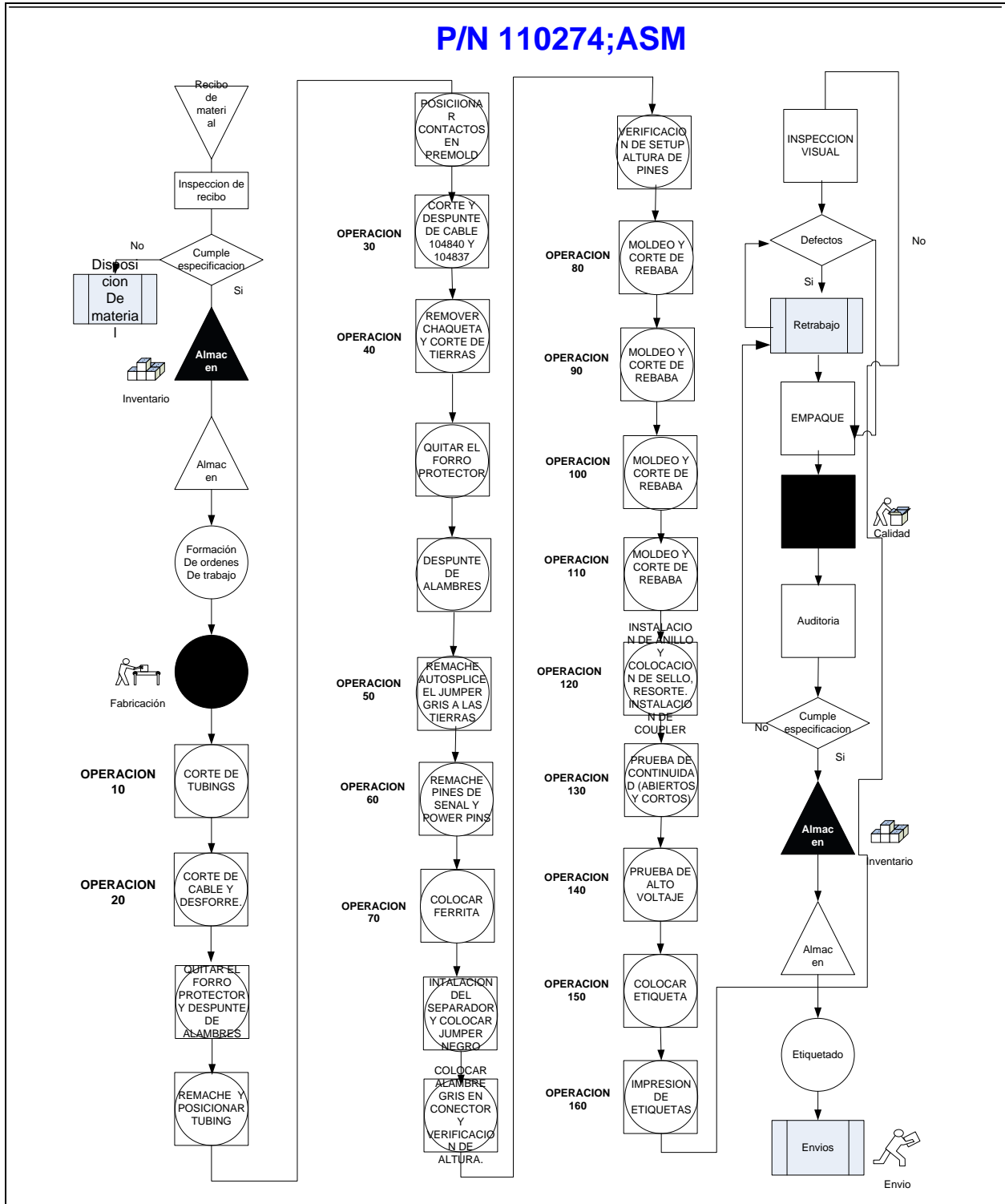
ANEXO 4.2 Requerimientos de clientes.

FAMILIA PHILIPS							
PROCESOS GENERALES							
PRODUCTOS			MOLDEO				
	CORTE	ENSAMBLE	INTERNO	EXTERNO	ENSAMBLE	PRUEBA	EMPAQUE
110274							
100095							
100088							
100087							
107734							
108289							
108293							
108348							
106915							

Anexo 4.3 Procesos generalizados para familia de productos Philips.

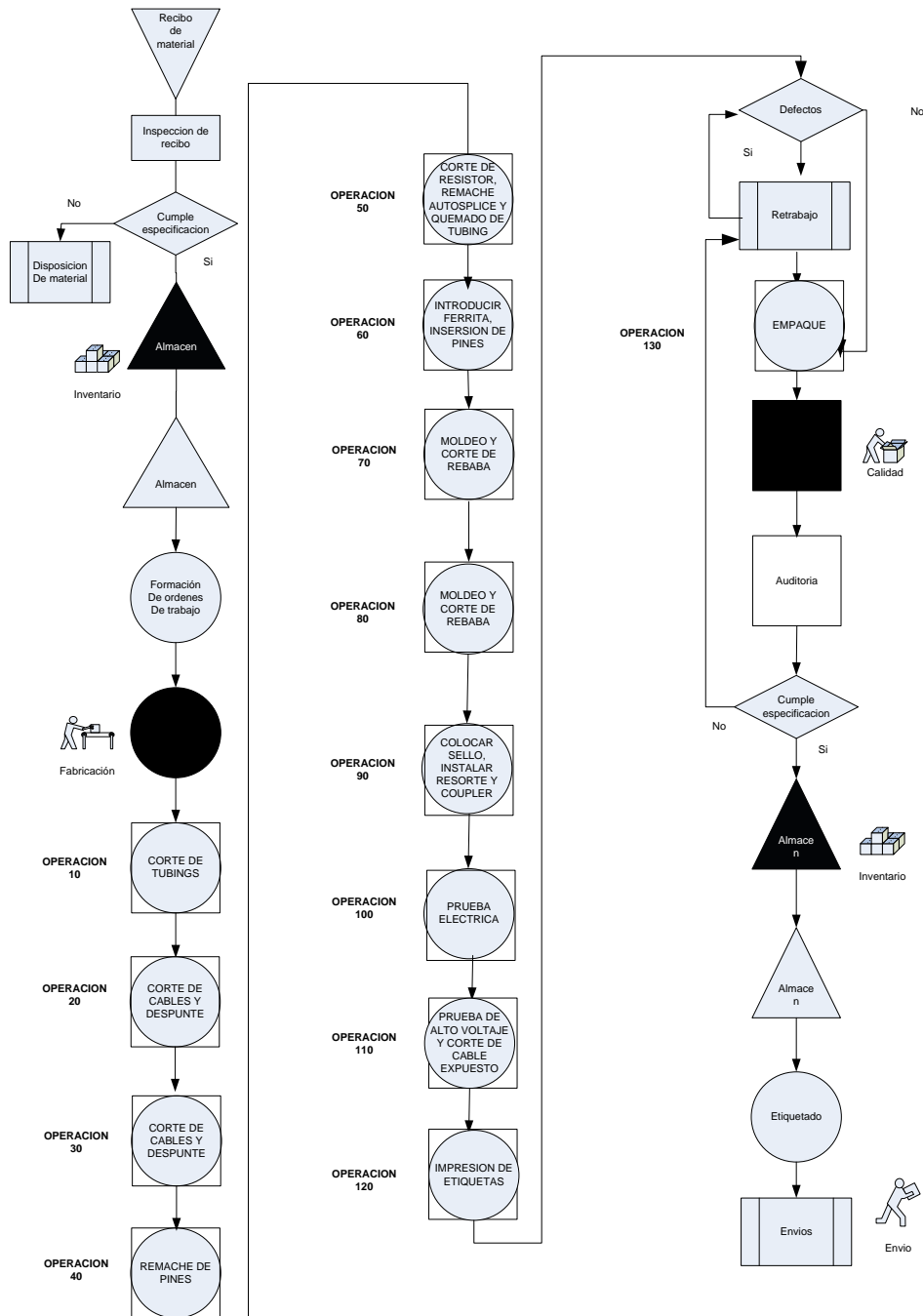


Anexo 4.4 Número de parte 100095.

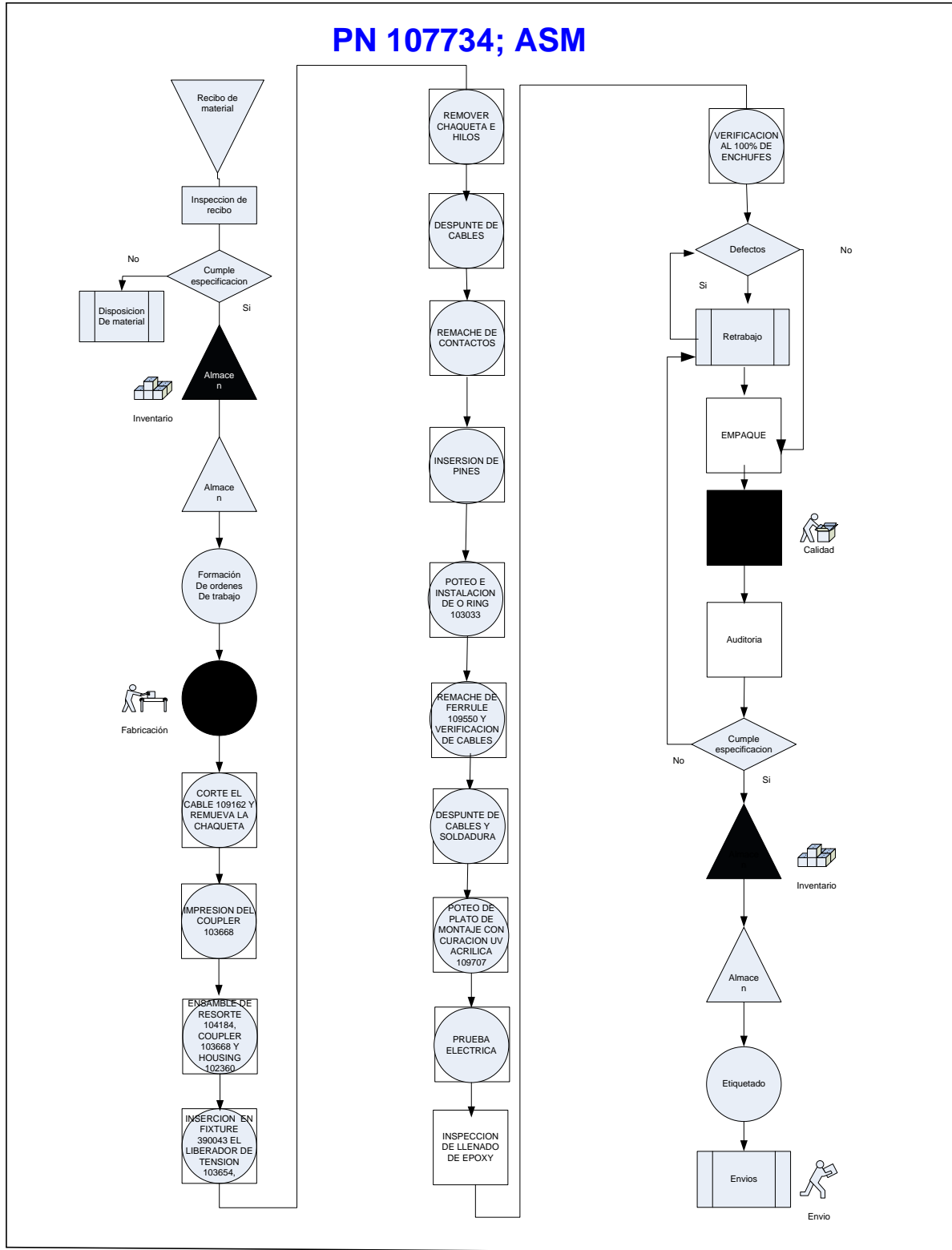


Anexo 4.5 Número de parte 110274.

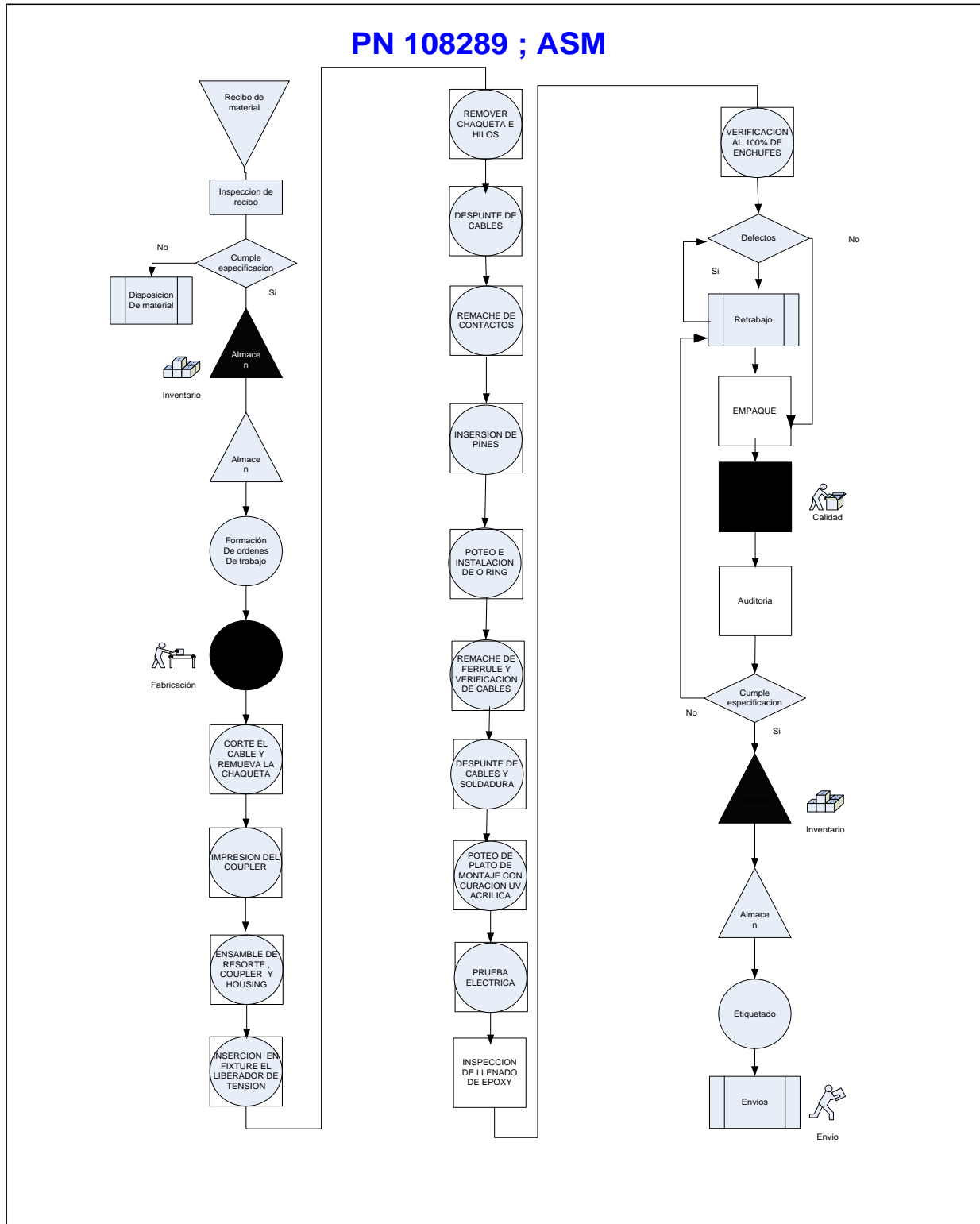
P/N 100087; ASM



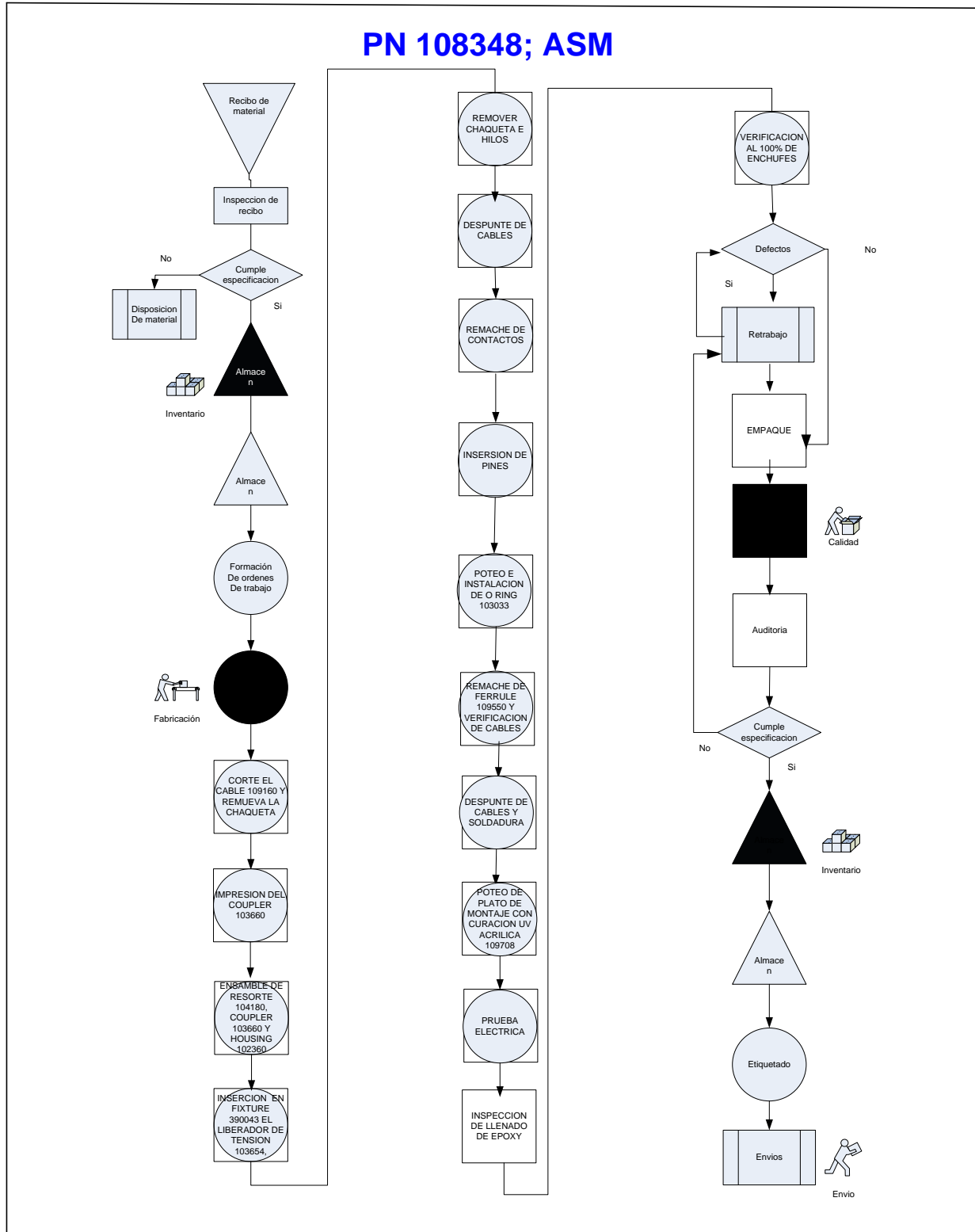
Anexo 4.6 Número de parte 100087.



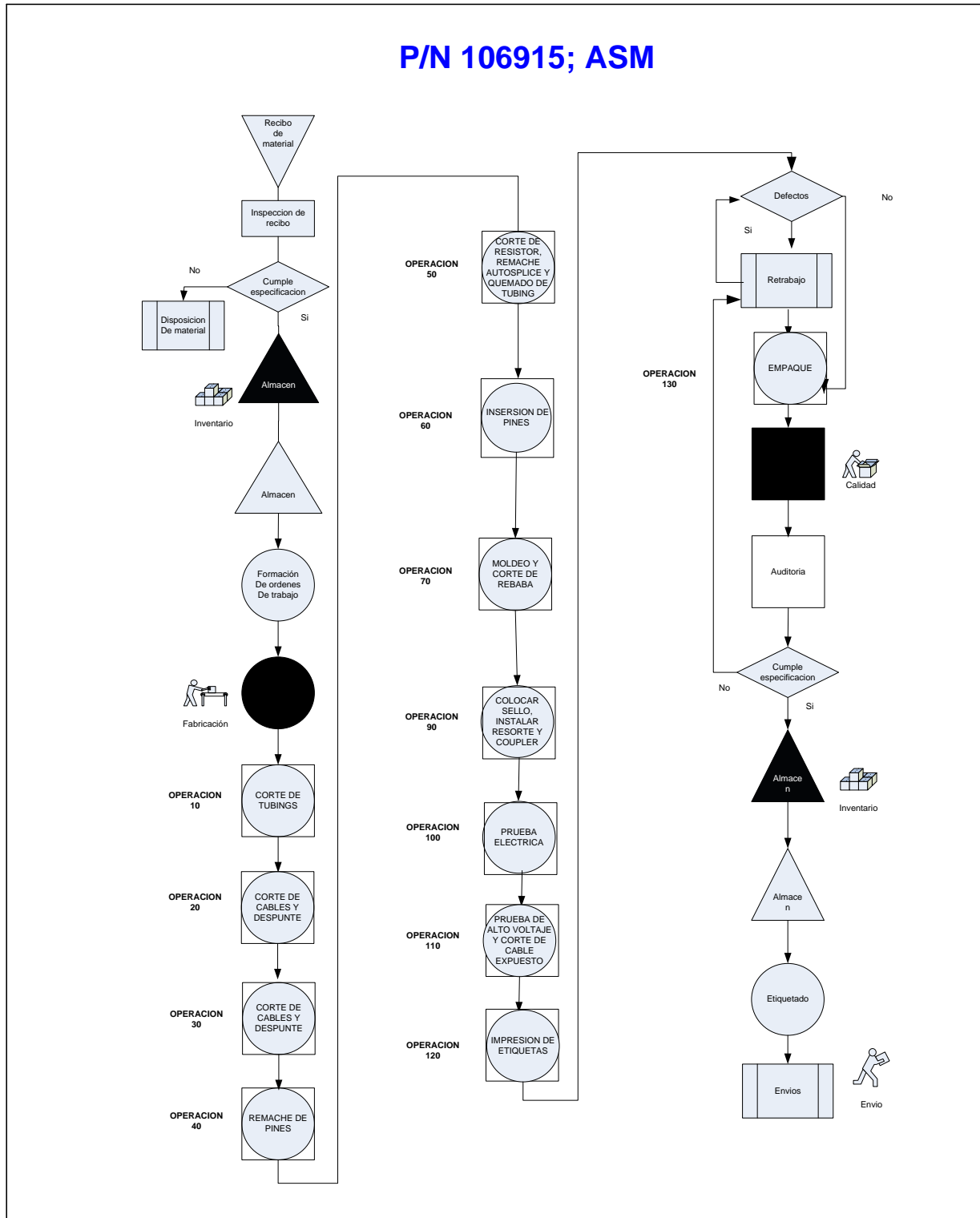
Anexo 4.7 Número de parte 107734.



Anexo 4.8 Número de parte 108289.



Anexo 4.9 Número de parte 108348.



Anexo 4.10 Número de parte 106915.

Ritmo de producción. **D** = Demanda diaria promedio del cliente para un producto.
W = Tiempo de trabajo total disponible por día, en minutos.

RP = W / D en minutos

* al 75% por paros no programados y mantenimientos correctivos

W=		531	
D=		400	
RP=	398.25	4.98	
	80		

Anexo 4.11 *Calculo de ritmo de producción.*