

# UNIVERSIDAD DE SONORA DIVISIÓN DE INGENIERÍA



## POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL MAESTRÍA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS Y TECNOLOGÍA

REDISEÑO DEL FLUJO DE MATERIALES EN UN ALMACÉN  
DE MATERIAS PRIMAS EN UNA MAQUILADORA DE  
COMPONENTES ELECTRÓNICOS

### **T E S I S**

PRESENTADA POR

**PEDRO DAVID SÁNCHEZ PÉREZ**

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

DIRECTOR DE TESIS  
DR. LUIS FELIPE ROMERO DESSENS

HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO.

Octubre 2015

# 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

Hoy en día, las fluctuaciones de los costos y las demandas de los clientes hacen que sea más difícil para las empresas responder a las condiciones del mercado de manera eficaz, lo que puede provocar la pérdida de clientes. En el contexto actual, la competencia de negocios al parecer ya no es sólo entre las empresas, es entre las cadenas de suministro. La gestión de la cadena de suministro ha sido aceptada como una alternativa para mejorar el poder competitivo; los productos deben ser entregados a los clientes en menor tiempo y con el mínimo de desperdicios posible. Esto tiene un impacto directo sobre la organización y gestión del almacén.

El flujo de material y el almacenamiento son una parte integral de la cadena de suministro que contribuye en la entrega eficiente de las mercancías para el cliente. El almacén comprende cuatro procesos: recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y embarque. La finalidad del presente documento es analizar la interacción entre los procesos y las políticas de recepción, almacenamiento, recuperación y suministro, y cómo éstas afectan al flujo de material y los tiempos de procesamiento. El objetivo del análisis es agilizar la recepción, localización y abastecimiento de materias primas mediante el rediseño del flujo de materiales en el almacén de una empresa maquiladora de componentes electrónicos.

La implementación de la metodología propuesta es aplicar una serie de herramientas y métodos que se integran para agilizar el flujo de material e información. La metodología consta de 3 etapas: diagnóstico, análisis y rediseño. En cada etapa se propone una serie de pasos. Cada paso y cada etapa se integran al ciclo Deming, porque conforme se va avanzando surgen nuevas necesidades, oportunidades de mejora o problemas.

Dentro de las etapas, se analiza, implementa y evalúan dos metodologías para mejorar el flujo de material e información, la primera es la aplicación de herramientas de manufactura esbelta y la otra es diseño de instalaciones. Efectivamente, ambas metodologías tienen un efecto positivo y similar en los flujos de material e información. Después de utilizar herramientas de manufactura esbelta los tiempos de

procesamiento se redujeron entre un 45 y 60%, mientras que con diseño de instalaciones los tiempos de procesamiento se redujeron entre 35 y 60%. Además, los resultados muestran que las herramientas de manufactura esbelta ayudan a reducir eficientemente las variaciones en los flujos entre los procesos más sencillos, pero el flujo en los procesos más complejos, altas variaciones podrían seguir presentes. Mientras que el diseño de instalaciones, no reduce tan eficientemente las variaciones, pero ayuda a homogenizar las varianzas del flujo entre los procesos. En cuanto al proceso de preparación de pedidos se logró mejorar el flujo de material en un 30%. Además se estima que se va a mejorar un 20% más en los próximos meses. Los últimos resultados que se presentan es el impacto que tienen las distintas políticas de almacenamiento en los tiempos de búsqueda del material dentro del almacén, para ello se realizaron simulaciones con ayuda de un algoritmo genético.

En conclusión, mediante la aplicación de manufactura esbelta se efectuaron modificaciones en el flujo de la información y en el manejo del material que permitió reducir y eliminar desperdicios y reducir los tiempos entre las actividades, y el rediseñar la distribución del almacén se redujeron las distancias recorridas, se minimizaron y homogenizaron los tiempos entre los procesos.

# ABSTRACT

Nowadays, companies need to respond to market conditions effectively because costs and customer demand changes and may result in loss of customers if proper responses are not realized. In this context, business competition apparently is not only between companies, but also between supply chains. The supply chain management has been accepted as an alternative to improve their competitive capabilities since products must be delivered to customers faster at minimum waste and cost; as expected, this has an impacts directly in the organization and in the warehouse management, particularly.

Materials flow and its storage is an integral part of the supply chain which contributes to the efficient delivery of goods from an origin to a destination. The flow should run smoothly through a warehouse which includes four processes: receiving, storing, picking and shipping. This paper objective is to analyze how the material flow and processing time is affected during the reception, storage, retrieval and delivery policies in an electronic components factory warehouse and their interaction between them. The analysis goal is to streamline the materials reception, location and supply by redesigning, proposing and improving the material flows as possible.

The methodology applies and integrates a series of tools and methods to streamline the materials and information flow. This methodology has 3 stages: diagnosis, analysis and redesign; in each stage a series of steps is suggested; and within every stage and every step the Deming cycle is considered.

Lean manufacturing and facilities design tools are used to analyze, deploy and evaluate the material and information flow to understand them, and if required, propose an improved flow. Both methodologies have a positive and similar effect in the material and information flow. After using lean manufacturing tools, lead time was reduced between 45 and 60%; and between 35 and 60% when it comes to facilities design. Furthermore, results show that lean manufacturing tools helped to efficiently reduce the material flow variances in the simplest processes but high variation in

complex process could still be present. Whereas, facilities design is not as effectively reducing variations, yet it helps to homogenize variances.

Regarding of the picking process, the material flow was improved by 30%, this is, the processing time was reduced in 30% from a to b; and a 20% reduction is expected in the coming months. Picking activities or times reductions were achieved using a genetic algorithm in the raw materials seeking inside the warehouse.

In resume, encouraging changes were obtained after applying lean manufacturing in the material handling as well as in the information flow, allowing waste and time reduction and elimination. Similarly by warehouse distribution redesign, travelling distances and times were homogenized, reduced and minimized.

## **DEDICATORIAS**

La presente investigación se la dedico primeramente a Dios, por prestarme la vida, mi familia, amigos y compañeros.

La motivación, entusiasmo y compromiso para elaborar el presente documento se lo dedico a mi abuela, Rosa Isela Vázquez, por su amor y apoyo incondicional, que a pesar que no siempre estaba de acuerdo conmigo en las decisiones que tomaba siempre estuvo ahí para mí. Por todo el tiempo, dedicación, paciencia y guía que me permitido llegar hasta donde estoy y ser quien soy.

# AGRADECIMIENTOS

A Dios por prestarme la vida, mi familia y amigos.

A mi madre por su amor incondicional, quien me motiva a cumplir mis sueños.

A mi padre por ser mi guía, quien me apoya en todo y me orienta.

A mi abuelo por su paciencia, dedicación, sabiduría y apoyo incondicional.

A mi abuela por ser mi fortaleza y motivación en la vida, por su amor, paciencia, dedicación y tiempo. Por hacer de mi lo que soy ahora.

A mis hermanos por enseñarme a ver la vida y los problemas desde otra perspectiva.

A mis amigos, Gabriel Domínguez por ayudarme a seleccionar y culminar mi tesis, Paola Ortiz por su apoyo en nuestra estancia en el posgrado, Joaquín Loustaunau por sus palabras de aliento y ayuda en el desarrollo de la tesis, Alberto Alcaraz por su tiempo, esfuerzo y apoyo incondicional.

A mi director Luis Felipe Romero Dessens por haberme aceptado como su tesista, por su tiempo, paciencia y confianza, por su orientación, guía y ayuda para aclarar las ideas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa de Fortalecimiento de la Calidad en Instituciones Educativas (PROFOCIE) por su apoyo económico.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
DEDICATORIAS .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Presentación .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Objetivo General .....	3
1.4 Objetivos Específicos .....	3
1.5 Hipótesis.....	3
1.6 Alcances y Delimitaciones.....	3
1.7 Justificación.....	4
2. MARCO DE REFERENCIA.....	6
2.1 Competitividad y ventaja competitiva .....	6
2.2 Cadena de suministro y logística.....	8
2.2.1 Valor Agregado de la logística.....	11
2.3 Flujo de Producto .....	13
2.3.1 Flujo de Material .....	13
2.3.2 Diseño de instalaciones.....	14
2.3.3 Manejo de Material .....	20
2.4 Almacén e inventario .....	21
2.4.1 Tipos de almacén .....	23
2.4.2 Procesos de la gestión de almacén.....	24
2.4.3 Inventario.....	28
2.5 Manufactura Esbelta .....	32

2.5.1 Enfoque de la manufactura esbelta.....	33
2.5.2 Pilares de la manufactura esbelta .....	34
2.5.3 Objetivos de la Manufactura Esbelta .....	34
2.5.4 Beneficios de la Manufactura Esbelta .....	35
2.5.5 Principios de la manufactura esbelta.....	35
2.5.6 Herramientas de la manufactura esbelta.....	36
2.5 Estudios previos .....	42
3. METODOLOGÍA .....	45
3.1 Diagnóstico del almacén .....	48
3.2 Análisis de la información.....	51
3.3 Rediseño .....	54
4. IMPLEMENTACIÓN.....	57
4.1 Diagnóstico del almacén .....	57
4.2 Análisis del almacén.....	77
4.3 Rediseño e implementación .....	83
4.3.1 Prueba piloto .....	83
4.3.2 Resultados de la prueba piloto .....	89
4.3.3 Redistribución de las instalaciones de almacén por método SLP .....	98
4.3.4 Análisis de los métricos .....	108
4.3.5 Impacto de las políticas de almacenamiento en el flujo de material .....	112
4.3.6 Diagnóstico, análisis, rediseño e implementación de propuestas de mejora en los procesos de almacén.....	118
4.3.7 Análisis y resultados del flujo de material e información en el proceso de preparación de pedidos.....	121
4.3.8 Modelación y simulación del impacto de las políticas de almacenamiento en los tiempos de búsqueda. ....	125
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	135
5.1 Trabajo Futuro.....	141
6. REFERENCIAS.....	145
7. ANEXO.....	156

7.1 Hojas de Instrucción.....	156
7.2 Diagrama de flujo de preparación de pedidos.....	157
7.3 Prueba de hipótesis.....	158
7.4 Diagrama De/A del flujo de material e información.....	161
7.5 Frecuencia de usos de materiales de los distintos departamentos.....	162
7.6 Sistema SISMA, propuesta para ordenar prioridades y las demás órdenes.....	163

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Elementos básicos de la cadena de suministro (Coyle, John J et al. 2013).....	10
<b>Figura 2.2.</b> Cinco clases principales de utilidad económica (Coyle, John J et al. 2013).....	12
<b>Figura 2.3.</b> Esquema del sistema de apoyo a la toma de decisiones (Nehzati, Rashidi-Bajgan & Ismail 2011). ....	43
<b>Figura 3.1.</b> Fundamentos de la literatura para el establecimiento de la metodología. Elaboración propia. ....	46
<b>Figura 3.2.</b> Metodología propuesta. Elaboración propia. ....	47
<b>Figura 4.1.</b> Diagrama de actividades del proceso de recepción y almacenamiento. ....	58
<b>Figura 4.2.</b> Diagrama de actividades del proceso de inspección.....	60
<b>Figura 4.3.</b> Diagrama de actividades del proceso de preparación de órdenes. ....	61
<b>Figura 4.4.</b> Diagrama de actividades del proceso de preparación de adicionales. ....	62
<b>Figura 4.5.</b> Diagrama de acciones de la actividad de armado. ....	63
<b>Figura 4.6.</b> Plano de las instalaciones del almacén.....	67
<b>Figura 4.7.</b> Plano de las instalaciones del almacén con las áreas identificadas y recorridos entre ellas (distancias en metros).....	67
<b>Figura 4.8.</b> Plano de las instalaciones del almacén con las áreas identificadas y recorridos, enfocado en los procesos (distancias en metros).....	68
<b>Figura 4.9.</b> Sistema de identificación para la ubicación del material. ....	70
<b>Figura 4.10.</b> Identificación por grupos de estantes. ....	70
<b>Figura 4.11.</b> Utilización del espacio de los estantes por los materiales de los distintos departamentos. ....	71
<b>Figura 4.12.</b> Utilización porcentual del espacio de los estantes por los materiales de los distintos departamentos.....	73
<b>Figura 4.13.</b> Diagrama de recorridos de los distintos departamentos.....	74
<b>Figura 4.14.</b> Diagrama de recorridos del departamento PNP (9057).....	74
<b>Figura 4.15.</b> Diagrama de recorridos del departamento Microdot (5622). ....	75

<b>Figura 4.16.</b> Mapa de la cadena de valor de los procesos de recepción, inspección y ubicación. ....	79
<b>Figura 4.17.</b> Mapa de la cadena de valor del proceso de preparación de pedido. ...	80
<b>Figura 4.18.</b> Diagrama simplificado del proceso de preparación de pedidos.....	88
<b>Figura 4.19.</b> Diagrama simplificado del nuevo proceso de preparación de pedidos.	89
<b>Figura 4.20.</b> Mapa de la cadena de valor de los procesos de recepción, inspección y ubicación de referencia antes de la realización de los proyectos de mejora. ....	90
<b>Figura 4.21.</b> Mapa de la cadena de valor después de la implementación de los proyectos de mejora.....	91
<b>Figura 4.22.</b> Mapa de la cadena de valor después del re diseño de la distribución del almacén.....	93
<b>Figura 4.23.</b> Mapa de la cadena de valor del proceso de preparación de pedidos...	96
<b>Figura 4.24.</b> Mapa de la cadena de valor del proceso de preparación de pedidos después de la implementación de los proyectos de mejora. ....	96
<b>Figura 4.25.</b> Tabla de relación de actividades. ....	99
<b>Figura 4.26.</b> Diagrama de relaciones.....	100
<b>Figura 4.27.</b> Diagrama de relaciones de espacio. ....	102
<b>Figura 4.28.</b> Diagrama en bloques alternos.....	103
<b>Figura 4.29.</b> Diseño propuesto de las instalaciones del almacén. ....	104
<b>Figura 4.30.</b> Ejemplo para explicar método de la estimación del volumen ocupado. ....	105
<b>Figura 4.31.</b> Distribución temporal de los materiales en el mes de mayo del 2014.	107
<b>Figura 4.32.</b> Mapa simplificado del flujo con rediseño del trabajo, eliminando al departamento de producción en el proceso de preparación de pedidos. ....	109
<b>Figura 4.33.</b> Mapa simplificado rediseñado sin contar al departamento de producción.....	110
<b>Figura 4.34.</b> Diagrama de recorridos por el departamento MTC (7696). ....	112
<b>Figura 4.35.</b> Cantidad de órdenes y transacciones por mes. ....	121
<b>Figura 4.36.</b> VSM del proceso de preparación de pedidos antes de la implementación de las mejoras. ....	122

<b>Figura 4.37.</b> VSM del proceso de preparación de pedidos después de la implementación de las mejoras. ....	123
<b>Figura 4.38.</b> Validación de los tiempos de búsqueda de materiales en relación con las transacciones efectuadas. ....	127
<b>Figura 4.39.</b> Estimación de número de transacciones promedio por almacenista con almacenamiento dedicado. ....	128
<b>Figura 4.40.</b> Representación del almacenamiento de materiales en el almacén....	129
<b>Figura 5.1.</b> VSM actual del departamento de PNP. ....	142
<b>Figura 5.2.</b> VSM futuro del departamento de PNP. ....	143

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Clasificación de almacén con respecto a la etapa del proceso en que se encuentra la materia prima(Correa , Gómez & Cano 2011). .....	24
<b>Tabla 2.2.</b> Los 7+1 desperdicios, construida del trabajo de Abdul et al. (2013). .....	33
<b>Tabla 4.1.</b> Tiempos de las actividades de recepción y almacenamiento, en minutos. ....	64
<b>Tabla 4.2.</b> Tiempos de las actividades de inspección de material, en minutos. ....	65
<b>Tabla 4.3.</b> Tiempos de las actividades de preparación de pedidos, en minutos. ....	66
<b>Tabla 4.4.</b> Distancias (metros) de los recorridos por los almacenistas. ....	69
<b>Tabla 4.5.</b> Distancia (pies) recorrida por los almacenistas por cada departamento para hacer un determinado número de transacciones. ....	75
<b>Tabla 4.6.</b> Indicadores de referencia para medir el desempeño del almacén. ....	78
<b>Tabla 4.7.</b> Resumen de los resultados plasmado en los indicadores. ....	79
<b>Tabla 4.8.</b> Análisis ABC de los materiales. ....	82
<b>Tabla 4.9.</b> Tabla de relación de las necesidades, las mejoras y los proyectos. ....	82
<b>Tabla 4.10.</b> Tabla de relación de las necesidades, mejoras y proyectos de la prueba piloto.....	84
<b>Tabla 4.11.</b> Tabla de relación de las necesidades, mejoras y proyectos de la prueba piloto del proceso de preparación de pedidos. ....	87
<b>Tabla 4.12.</b> Comparación de la cantidad de material recibido primera fase. ....	91
<b>Tabla 4.13.</b> Comparación de los tiempos entre los procesos de recepción, inspección y ubicación. ....	92
<b>Tabla 4.14.</b> Comparación de la cantidad de material recibido segunda fase. ....	93
<b>Tabla 4.15.</b> Comparación de los tiempos entre los procesos de recepción, inspección y ubicación. ....	93
<b>Tabla 4.16.</b> Comparación de la cantidad de material recibido, primera y segunda fase. ....	94
<b>Tabla 4.17.</b> Comparación de los tiempos entre procesamiento de la primera y segunda fase de las actividades de recibo, inspección y ubicación. ....	94

<b>Tabla 4.18.</b> Resumen de órdenes y transacciones de materiales en el año 2013. ...	97
<b>Tabla 4.19.</b> Tiempos entre las actividades de solicitud, impresión y terminación de una orden. ....	97
<b>Tabla 4.20.</b> Análisis del flujo de materiales, información y personas en formato origen-destino (distancia medida en pies). ....	99
<b>Tabla 4.21.</b> Valores de cercanía entre relaciones. ....	100
<b>Tabla 4.22.</b> Motivos de los valores de cercanía. ....	100
<b>Tabla 4.23.</b> Requerimiento de espacio de los departamentos y/o estaciones de trabajo. ....	101
<b>Tabla 4.24.</b> Estimación de la cantidad requerida de estantes por departamento. ...	106
<b>Tabla 4.25.</b> Situación de la distribución de los materiales en porcentaje en el almacén en el mes de Enero del 2014. ....	107
<b>Tabla 4.26.</b> Comparación entre la estimación de la cantidad de estantes en el 2013 y 2014. ....	108
<b>Tabla 4.27.</b> Metas diarias de transacciones por departamento. ....	109
<b>Tabla 4.28.</b> Número de órdenes promedio reservadas y solicitadas en un día de la semana. ....	111
<b>Tabla 4.29.</b> Número de transacciones promedio reservadas y solicitadas en un día de la semana. ....	111
<b>Tabla 4.30.</b> Tiempo (segundos) de búsqueda del material en el almacén bajo distintas circunstancias. ....	113
<b>Tabla 4.31.</b> Tiempo (segundos) de búsqueda del material en distintos recorridos con las localizaciones ordenadas. ....	113
<b>Tabla 4.32.</b> Comparación entre los tiempos de búsqueda con localizaciones ordenadas, caminando o con montacargas. ....	114
<b>Tabla 4.33.</b> Tiempo (segundos) de búsqueda del material en distintos recorridos con las localizaciones desordenadas. ....	115
<b>Tabla 4.34.</b> Comparación entre los tiempos de búsqueda con localizaciones desordenadas, caminando o con montacargas. ....	115

<b>Tabla 4.35.</b> Comparación entre las transacciones promedio reales entre los distintos períodos. ....	116
<b>Tabla 4.36.</b> Comparación entre las transacciones promedio equivalentes (relativas) entre los distintos períodos.....	116
<b>Tabla 4.37.</b> Comparación entre las transacciones promedios del departamento de PNP.....	117
<b>Tabla 4.38.</b> Comparativo de los indicadores del flujo de material e información del proceso de preparación de pedido. ....	122
<b>Tabla 4.39.</b> Comparativo de la cantidad de órdenes y transacciones en los distintos períodos. ....	123
<b>Tabla 4.40.</b> Comparativo de los indicadores (unidad de medida es horas) del flujo de material e información del proceso de preparación de pedidos. ....	124
<b>Tabla 4.41.</b> Comparativo de los indicadores del flujo de material e información del proceso de preparación de pedidos. ....	125
<b>Tabla 4.42.</b> Comparación entre las transacciones promedio reales entre los distintos períodos con su respectiva política de asignación de almacenamiento. ....	126
<b>Tabla 4.43.</b> Tiempo estimado en segundos necesarios para buscar los materiales en cada mes con la política de almacenamiento aleatorio. ....	131
<b>Tabla 4.44.</b> Tiempo estimado en segundos necesarios para buscar los materiales en cada mes con la política de almacenamiento por familia de productos.....	131
<b>Tabla 4.45.</b> Tiempo estimado en segundos necesarios para buscar los materiales en cada mes con la política de zonificación ABC. ....	132
<b>Tabla 4.46.</b> Tiempo estimado en segundos necesarios para buscar los materiales en cada mes con la política de almacenamiento dedicado. ....	132
<b>Tabla 4.47.</b> Estimaciones de tiempo en segundos obtenida del número de transacciones efectuadas por los almacenistas durante una jornada laboral. ....	133
<b>Tabla 4.48.</b> Estimaciones de tiempo promedio en segundos obtenida de los resultados de las distintas corridas del programa. ....	133
<b>Tabla 4.49.</b> Estimaciones de tiempo en segundos de cada política con el porcentaje de reducción con respecto a cada tipo de almacenamiento.....	134

<b>Tabla 7.1.</b> Prueba de hipótesis de varianzas entre los períodos Septiembre- Noviembre y Enero-Marzo.....	158
<b>Tabla 7.2.</b> Prueba de hipótesis de medias entre los períodos Septiembre- Noviembre y Enero-Marzo.....	159
<b>Tabla 7.3.</b> Prueba de hipótesis de varianzas en el período Septiembre- Noviembre.....	160
<b>Tabla 7.4.</b> Prueba de hipótesis de varianzas en el período Enero-Marzo.....	160

# 1. INTRODUCCIÓN

Cada día las empresas enfrentan nuevos retos para cumplir con los compromisos adquiridos debido a la demanda de productos de mayor calidad, a bajo costo y entregados en menor tiempo. En el proceso de cadena de suministro (CS), los productos solicitados deben ser entregados a los clientes en el plazo comprometido, elaborados y distribuidos con el menor desperdicio posible. Estas necesidades tienen impacto directo sobre la organización y administración del almacén. El almacén es uno de los factores clave en la gestión de la CS y juega un papel vital en el éxito o fracaso de la empresa (Cakmak et al. 2012).

El presente capítulo presenta una explicación breve de los antecedentes del problema a analizar, así como la importancia del almacén y flujo de materiales dentro de la organización, se establecen los objetivos, tanto el general como los específicos, también se presenta la hipótesis, el alcance, las delimitaciones y por último la justificación que sustenta el desarrollo de la investigación.

## 1.1 Presentación

El almacén comprende tres actividades principales: recepción, resguardo y entrega de materias primas. Estos procesos se deben de efectuar buscando maximizar el uso del espacio, utilizar eficientemente equipos y mano de obra, facilitar la accesibilidad y proporcionar protección a los materiales (Nehzati, Rashidi-Bajgan & Ismail 2011). Hay cuatro problemas típicos que enfrentan los responsables de realizar las actividades de almacén, éstos son: distribución de las instalaciones, las políticas de localización, de recuperación y de enrutamiento (Kulak, Sahin & Taner 2012).

Por otra parte, uno de los factores fundamentales en las instalaciones de manufactura que está en constante mejora es el flujo del material. Este puede ser definida como el movimiento estructurado y organizado desde un punto a otro en el sistema de producción teniendo en cuenta el uso eficiente del espacio y ahorro de costos(Alvarado et al. 2013a). Para lograr un flujo conveniente es importante la selección indicada del sistema de manejo de materiales.

El manejo de materiales es considerado como una actividad sin valor agregado pero que se requiere en el proceso y tiene una influencia sobre la capacidad de la organización para cumplir con las metas (Meyers, Stephens & Enríquez Brito 2006). La presente investigación se desarrollará en TE Connectivity, es una empresa que diseña, fabrica y comercializa componentes electrónicos para una amplia gama de industrias, entre las que se encuentran las del sector automotriz, aeroespacial, entre otros.

Las actividades que se desarrollan en el área de almacén son: recibo y localización de los materiales, preparación de pedidos, inspección de la materia prima, embarque de producto terminado, entre otras actividades secundarias. Actualmente se han identificado un conjunto de circunstancias que repercuten en la eficiencia en el manejo de los materiales desde su recepción hasta el suministro a las celdas de producción.

## **1.2 Planteamiento del problema**

Debido a la naturaleza de los procesos desarrollados en el almacén, el sistema actual presenta condiciones que afectan al flujo de materiales, algunas son: una distribución de instalaciones deficiente, problemas de comunicación entre el área de recepción e inspección, ausencia de actividades definidas para cada almacenista, existen largos desplazamientos para completar los pedidos solicitados, ocurren errores de abastecimiento tanto de material con promedio de tres veces a la semana, como en cantidad incorrecta casi a diario.

Algunos pedidos se fabrican antes o después de lo planeado, y en ocasiones se presentan paros en las líneas de manufactura y ensamble, provocando que los productos se no entreguen en el plazo comprometido, siendo las operaciones de almacén las que mayor contribuyen a la problemática.

### **1.3 Objetivo General**

Agilizar la recepción, localización y suministro de materias primas mediante el rediseño del flujo de materiales en el almacén de empresa maquiladora de componentes electrónicos.

### **1.4 Objetivos Específicos**

1. Realizar un diagnóstico y análisis de los procesos para comprender la situación actual del flujo de materiales e información del almacén que permita la identificación de las actividades o causas que impidan un flujo eficiente.
2. Plantear modificaciones en el flujo de la información y en el manejo del material desde su recepción hasta el suministro a producción que permita reducir los tiempos entre las actividades.
3. Rediseñar la distribución del almacén que permita reducir las distancias recorridas, minimizar los tiempos de procesos y mejorar la utilización del espacio.

### **1.5 Hipótesis**

Es posible reducir los desperdicios y el tiempo de los plazos de entrega mediante la agilización del flujo de materiales desde la recepción de las materias primas en el almacén hasta el suministro a producción.

### **1.6 Alcances y Delimitaciones**

Entre los alcances y delimitaciones de la investigación, para el diagnóstico y análisis del flujo de material así como la modificaciones del manejo de material se tiene considerado abarcar las áreas de recepción, localización, inspección y preparación de pedidos, adicional a esto se pretende incluir el flujo de información del área de control de producción. El rediseño de la distribución del almacén comprende las áreas de recepción, inspección, localización y preparación de pedidos, con un enfoque central en la ubicación de la materia prima, principalmente en los materiales

o familia de partes de mayor utilización. Además, los cambios o modificaciones sugeridas están sujetos a la aprobación y posibilidades de la organización.

## **1.7 Justificación**

Actualmente TE Connectivity está en un proceso de crecimiento e innovación de sus productos, en el año 2014 se han realizado transferencias de nuevos productos a planta 1 Hermosillo y se ha cambiado la ubicación de las instalaciones del almacén, lo anterior implica modificaciones en el sistema productivo, lo que conlleva a cambios en el proceso, maquinaria empleada, materiales a utilizar, niveles de inventario, personal requerido y estándares necesarios; todos estos cambios han sido realizados sin un análisis o estudio previo detallado, que indique cuales modificaciones harán funcionar el sistema de manera eficiente. De acuerdo con entrevistas realizadas con el personal de almacén, esto ha provocado un descontrol y desorganización en los procesos que influye en el incumplimiento con los estándares corporativos, por esta razón surge la necesidad de desarrollar un análisis y plantear estrategias que ayuden a la empresa a mejorar y cumplir con los estándares.

Las actividades que se realizan en el almacén son fundamentalmente el manejo de materiales, y estas no agregan valor, es por ello que se tratará de reducir o eliminar los desperdicios identificados en cada uno de los procesos. Además el inventario y procesos efectuados, representan un costo relevante para la organización, pero estos son de vital importancia para mantener un flujo eficiente.

El proyecto de investigación servirá para propiciar la reducción en los costos por desperdicios, esto permitirá destinar más recursos a proyectos de mejora continua que ayuden a aumentar la eficiencia del almacén. En general, se espera agilizar el flujo de material en el área de almacén, que contribuya a cumplir con los estándares de la organización y dispongan de más tiempo para desarrollar e implementar acciones de mejora continua. Por último, se espera tener un impacto positivo al incrementar el porcentaje de los pedidos de los clientes entregados en el tiempo comprometido.

En el siguiente capítulo se documenta la revisión literaria y estado del arte relacionado respecto al problema en cuestión. Se comienza con el tema de competitividad y cadena de suministro, estos conceptos incluyen a la logística y flujo del producto, que nos lleva directamente al flujo del material. El flujo del material está ligado fuertemente a diseño de instalaciones y manejo de material. Después se habla de las funciones y características de los almacenes. En las últimas dos secciones del marco teórico se hace mención de las herramientas que se utilizarán, una es manufactura esbelta y la otra es diseño de instalaciones, también se mencionan algunos algoritmos meta heurísticos bio-inspirados. En el capítulo tres, se desarrolla la metodología, esta consta de tres fases: diagnóstico, análisis y rediseño e implementación, las cuales se desglosan en pasos definidos para tratar el problema del flujo de material en el almacén. En el capítulo cuatro se describe y explica la parte de la implementación de la metodología propuesta, empezando por una prueba piloto, en la cual se aplican las tres fases, diagnóstico, análisis y rediseño. Después de evaluar los resultados, se decide implementar la metodología en el área de preparación de pedidos. Por último, en el capítulo cinco, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del análisis de los resultados.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

Hace algunas décadas, la supervivencia de las industrias de fabricación se basaba principalmente en la cantidad de productos que eran capaces de elaborar, para después, introducirlos al mercado. Hoy en día, esta situación ha experimentado enormes cambios, promovidos por la ciencia y el desarrollo de tecnología en un mercado competitivo (Deros et al. 2012).

Las empresas enfrentan grandes retos y desafíos debido a que los requisitos de los clientes son cada vez más rigurosos, en aspectos como calidad, costo y tiempo de entrega (Broum, Dvorak & Kleinova 2011). Las compañías necesitan modificar su organización para afrontar estos requerimientos, adaptar y aplicar estrategias que les permitan competir en una economía globalizada (Penbek, Zaptçioğlu & Günerergin 2011). Esto ha propiciado la competencia entre las organizaciones, que ha incrementado en las últimas décadas a diferentes niveles, así el término competitividad adquiere relevancia (Morales & Pech 2000).

### **2.1 Competitividad y ventaja competitiva**

Según Michael Porter (1998), citado por Vodeb (2012), afirma que la competitividad se ha convertido en una preocupación central de los Estados y la industria de todas las naciones. El Foro Económico Mundial cree que la competitividad de la empresa hace referencia a que las corporaciones en su respectivo entorno, tienen superioridad en la calidad con respecto a sus competidores nacionales y extranjeros para diseñar, producir y vender; JinBei (2003), citado por Yanrong (2011), piensa que la competitividad de la empresa es la calidad integral que una organización tiene para continuar ofreciendo productos o servicios al mercado con más eficacia que otras empresas. Por otro lado, Porter (2008) define a la competitividad como: la productividad que un país logra al utilizar sus recursos humanos, económicos y naturales, de esta manera se establece que, la competitividad de una empresa se deriva de su ventaja competitiva en los métodos de producción y organización frente a sus competidores específicos (Murrillo & Abdel 2005).

De acuerdo con Wu (2012), ventaja competitiva puede definirse desde tres perspectivas. En primer lugar está el enfoque denominado posición en la actividad, la cual, hace hincapié en las actividades comerciales y los sistemas, en lugar de los recursos; esta corriente normalmente pone más énfasis en el análisis externo, las oportunidades y amenazas. El segundo enfoque, es la visión basada en los recursos, se trata de examinar la fuente de la ventaja competitiva, centrándose en el análisis interno de las fortalezas y debilidades de la organización. En consecuencia, los principales recursos de competitividad de la empresa incluyen sus activos físicos, el capital financiero, recursos humanos, sistemas de organización, la tecnología, el conocimiento, y los activos intangibles. En tercer lugar está la perspectiva de relación, que va más allá de los límites de la empresa, se centra en el análisis entre-empresas, sostienen que la ventaja competitiva se deriva de la colaboración entre las ellas. Mientras que De la Fuente (2005), define ventaja competitiva como “algunos elementos particulares a una empresa que determinen el desempeño superior”. Y es sólo mediante la mejora de la capacidad para transformar los insumos en productos y servicios de valor como las empresas prosperan en un país (Porter, M. E. & Rivkin 2012). Por ello la importancia de conocer y medir los elementos que integran a la organización, y la manera en que estos se relacionan, con la finalidad de mejorar las ventajas competitivas, ya que en un entorno que cambia rápidamente las innovaciones tecnológicas y las necesidades del cliente, es esencial para que una empresa pueda sobrevivir y adquirir un beneficio (Lee, Kang & Yu 2011).

En el contexto actual, la competencia de negocios del siglo XXI ya no sólo entre las empresas, es entre las cadenas de suministro (CS). Por lo tanto, la mejora de la cadena de valor agregado y la competitividad de la CS se convierte en un objetivo empresarial común. El progreso de la eficacia operativa y la competencia depende de compartir e intercambiar información, de modo que cuando cambie la situación del mercado, toda la cadena de suministro de las empresas pueda trabajar de manera conjunta para responder a las necesidades de los clientes (Hongjuan & Jing 2011). La gestión de la cadena de suministro ha sido aceptada como una alternativa para mejorar el poder competitivo (Hwang & Seruga 2011).

## 2.2 Cadena de suministro y logística

El panorama moderno de los negocios es altamente dinámico y competitivo. El contexto actual de la organización se caracteriza por rápidos ritmos de cambio y un alto grado de incertidumbre. Para tener éxito en el mercado global y la volatilidad del siglo XXI, las empresas ya no pueden competir en el aislamiento de su CS (Manataki, Chen-Burger & Rovatsos 2013). En otras palabras, las organizaciones continuamente buscan ofrecer sus productos y servicios a los clientes de manera más rápida, a menor costo y mejor que la competencia, por esta razón, los directivos se han dado cuenta de que no pueden hacerlo solos, sino que deben trabajar de forma cooperativa con las organizaciones en sus CS con el fin de tener éxito (Hwang & Seruga 2011). Pero la gestión de la cadena de suministro (GCS) no es un sistema de teoría unificada, y la investigación y la práctica de la gestión de la CS se encuentran todavía en una etapa de desarrollo sostenible (Finke, Strusevich & Werner 2009; Liu 2011). Sin embargo, Gunasekaran y Ngai (2004), citado por Manataki (2013), consideran que existe un problema importante en la GCS, este consiste en la integración de extremo a extremo de las CS, es decir, existe dificultad para alinear los objetivos de todas las empresas que la conforman, y en entornos distribuidos e inciertos, es un requisito imprescindible para la integración CS (Butner 2010).

Según Sukati et al. (2012) la GCS eficaz es importante para construir y mantener una ventaja competitiva en productos y servicios, y para lograr una integración eficaz de la cadena de suministro, las empresas necesitan implementar tecnologías de la información. Mientras que Manataki (2013) menciona que la comprensión de la dinámica de operación de la CS es esencial para coordinar las actividades y la integración de las CS. Describe que en primer lugar, las empresas necesitan entender las interdependencias entre los diferentes aspectos de sus comportamientos operacionales a fin de lograr la integración interna; en segundo lugar, los administradores de la CS deben tener un profundo conocimiento de las interrelaciones del comportamiento operacional de los distintos miembros de la CS; y

en tercer lugar, el efecto del comportamiento operacional de los miembros individuales de la CS, el desempeño total debe quedar claro. En los aspectos anteriores, se hace mención a la interrelación entre los diferentes participantes de la CS y como afecta su comportamiento operacional en el desempeño total; por lo tanto, la descripción de la colaboración en la CS toma importancia.

Colaboración en la cadena de suministro es a menudo definida como dos o más empresas que trabajan juntos para crear una ventaja competitiva y beneficios más altos que no pueden lograrse actuando de manera individual. El advenimiento de la colaboración en la CS crea la necesidad, a nivel inter-organización, de prestar especial atención a la comprensión de la cooperación, con el fin de preparar a los socios para introducir iniciativas de colaboración con éxito. Esto adquiere valor, ya que el interés en la toma de decisiones de la CS está en conflicto directo con el interés en la toma de decisiones de la empresa individual. Con frecuencia, las empresas individuales tienden a tomar decisiones en beneficio propio en lugar de considerar la cadena de suministro global (Hwang & Seruga 2011).

De acuerdo con Manataki (2013) y Sukati et al. (2012), una CS se compone de todas las partes involucradas, directa o indirectamente, en el cumplimiento de una solicitud del cliente. Mientras que la GCS, definida por el Consejo de Profesionales de la GCS (2009) citado por Kuse et al. (2010) como "la planificación y gestión de todas las actividades involucradas en el suministro y la adquisición, conversión, y todas las actividades de gestión logística". Mientras que, Coyle et al. (2013), la define como "el arte y la ciencia de integrar flujos de productos, información y finanzas a través de todo el conducto de suministro, desde el proveedor del proveedor hasta el cliente del cliente". En la figura 2.1 se observa los elementos básicos de la CS. La GCS consiste en la gestión de estos flujos con el fin de maximizar la rentabilidad total de la cadena de suministro (Manataki, Chen-Burger & Rovatsos 2013).



**Figura 2.1.** Elementos básicos de la cadena de suministro (Coyle, John J et al. 2013).

La cadena de suministro se ha convertido en un foco importante de ventaja competitiva para la organización empresarial (Sukati et al. 2012). El papel de la gestión de la cadena ha evolucionado hasta convertirse en una parte integral de los procesos de planificación estratégica de la empresa. Como los consumidores requieren bienes y servicios que estén disponibles en el momento adecuado, al precio adecuado y en el lugar adecuado, una logística eficaz y la GCS se convierten en elementos esenciales para el éxito del negocio. Es bien sabido que la GCS y la logística se consideran factores críticos de éxito en los mercados internacionales (McGinnis 2012). A un nivel más particular, la logística forma parte integral de la cadena de suministro.

La logística se ha convertido en un factor fundamental para la generación de ventajas competitivas y la creación de valor, a través de la planificación, ejecución y control de los procesos vinculados a los flujos físicos, y la integración de los procesos de la cadena de suministro (Alarcón, Antún & Lozano 2012). Las ventajas competitivas asociadas a la logística de la empresa se basan en las mismas premisas sobre los costos y los elementos de diferenciación.

El Consejo de Profesionales de la GCS, citado por Kuse et al. (2010), define la logística como “la parte de gestión de la cadena de suministro que planifica, ejecuta y controla el funcionamiento eficiente y eficaz, y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada entre el punto de origen y el punto de consumo con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes”. Mientras que Russell (2000), citado por Erturgut (2011), menciona que logística significa proporcionar disponibilidad del producto adecuado, en condiciones adecuadas, en cantidades adecuadas, en el

lugar correcto, en el momento adecuado, con el costo adecuado y para el cliente correcto. Por una parte, Nilsson y Waidringe (2008), citados por Erturgut (2011), definen la gestión logística como “el proceso de planificación, control eficaz y productivo del almacenamiento y transporte de bienes y servicios e información, para satisfacer las necesidades de los clientes”.

Por consiguiente, Alarcón et al. (2012) subraya que la gestión eficiente de los procesos logísticos principales y de apoyo, permite reducir los costos relacionados con el flujo de productos a través de la cadena de suministro, la producción y la distribución física, y especialmente, los costos de transporte, de almacenamiento y de inventarios. Por otro lado, la capacidad de poner un producto en el lugar y en el momento en que existe una demanda, satisfaciendo las necesidades de los clientes antes que sus competidores lo hagan (niveles de servicio), es un importante elemento de diferenciación para una empresa. Como se menciona anteriormente la logística puede agregar valor a los productos de una organización, a continuación se describen los tipos de utilidad económica.

### **2.2.1 Valor Agregado de la logística**

Las cinco clases principales de utilidad económica son las siguientes:

Utilidad de forma. La utilidad de forma se refiere al valor agregado a los bienes por medio del proceso de manufactura o ensamblaje.

Utilidad de lugar. La logística brinda la utilidad de lugar cuando se desplazan los bienes, desde los puntos de producción hasta los de mercado donde existe la demanda.

Utilidad de tiempo. No solo los bienes y servicios deben estar disponibles donde los clientes necesitan, si no también cuando los necesitan. A esto se le llama utilidad de tiempo, o el valor económico agregado a un bien o servicio cuando se le lleva al punto de demanda en el momento específico en que se requiere.

Utilidad de cantidad. El entorno de negocios de la actualidad exige que los productos no solo se entreguen a tiempo y en el destino correcto, sino también en las cantidades correctas a fin de minimizar el costo de inventario y prevenir el

agotamiento de existencias. Así, las utilidades cuando y donde deben estar acompañadas por las de cuánto. La entrega de las cantidades adecuadas de un artículo donde se requiere crea la utilidad de cantidad.

Utilidad de posesión. La utilidad de posesión se crea principalmente a partir de las actividades de mercadotecnia básica, relacionadas con la promoción y la venta de productos y servicios.

En la figura 2.2 se muestra como estas cinco utilidades se atribuyen en tres procesos de las empresas.



**Figura 2.2.** Cinco clases principales de utilidad económica (Coyle, John J et al. 2013).

Como se observa en la figura 2.2, estos procesos, producción, distribución y mercadotecnia, se encuentran ligados a las actividades logísticas.

Las actividades que se incluyen dentro de la administración de la logística son:

1. Manejo de materiales
2. Aprovisionamiento
3. Almacenamiento
4. Control de inventarios
5. Planificación y programación de la producción
6. Transportación
7. Ubicación de instalaciones
8. Entre otras.

Del conjunto de las actividades se puede decir que la logística asegura el movimiento del flujo del material, de información y financiero (Navickas, Sujeta & Vojtovich 2011).

## **2.3 Flujo de Producto**

El primer flujo mencionado en la CS es el de productos y servicios relacionados, este ha sido en general un tema de vital importancia para los expertos en logística, y sigue siendo un elemento esencial en la administración de la cadena de suministro.

El flujo de producto se define como el movimiento físico de bienes y materiales, siendo el segundo término el tema de interés.

### **2.3.1 Flujo de Material**

Las variaciones de los costos y las demandas de los clientes hace difícil para las empresas responder con eficacia, lo que puede provocar la pérdida de clientes (Cakmak et al. 2012). En el proceso de CS, los productos deben ser entregados a los clientes en un plazo más corto y se debe procurar ser con un el mínimo de desperdicios, en base a esto, un elemento importante que permite generar y mantener una ventaja competitiva es el flujo adecuado de materiales a través de los procesos de manufactura (Green, Lee & Kozman 2010).

Alvarado (2013b) indica que uno de los factores fundamentales en las instalaciones de manufactura que está en constante mejora es el flujo. Señala que es necesario disponer de mecanismos para coordinar el desarrollo de las actividades de producción con la distribución, con el fin de lograr los sistemas de producción eficientes. Planificación del flujo de material a través de una empresa organiza y favorece un flujo adecuado de materias primas en los sistemas de producción con el fin de mejorar las operaciones. Minimizar los costos de flujo significa reducir al mínimo los costos totales de producción. Meyers y Stewart (2001), citados por Alvarado (2013b), consideran que el flujo es el parámetro más importante de un sistema de producción; casi todas las mejoras se reflejan directamente en el flujo del proceso de una planta, que impacta directamente en los costos de la organización.

También definen el flujo de material como el movimiento estructurado y organizado de material desde un punto a otro en el sistema de producción teniendo en cuenta el uso eficiente del espacio y ahorro de costos como recursos humanos.

Para lograr un flujo adecuado de materiales es importante la selección indicada de sistema de manejo de materiales y herramientas de manufactura esbelta (Green, Lee & Kozman 2010). Es por ello que las industrias de casi todo el mundo (Alvarado et al. 2013b) han estado tratando de adoptar manufactura esbelta (ME), a fin de mantener su competitividad en un mercado global (Rahani & al-Ashraf 2012).

Por otra parte, diseño de instalaciones y manejo de materiales afectan a la productividad y la rentabilidad de una empresa más que cualquier otro diseño corporativo (Yang, Chuang & Hsu 2011). Un buen diseño de instalaciones puede suavizar el flujo de material, reducir el trabajo en proceso (WIP), disminuir el tiempo de ciclo, y contribuir a la eficiencia global de los sistemas de producción (Asef-Vaziri et al. 2010).

### **2.3.2 Diseño de instalaciones**

La clave del éxito competitivo se sitúa en recursos pertenecientes a la propia empresa y de acuerdo con Sule (2001) la planeación es vital para la utilización eficiente de los recursos disponibles.

Tompkins (2006) expone que “los gobiernos, las instituciones y las empresas ya no compiten entre sí de manera individual. Ahora estos sistemas conviven entre sí en cooperativas, organizaciones, y por último, cadenas de suministro sintetizadas para mantenerse competitivas al incorporar al consumidor en el proceso... por ello planeación de instalaciones en el competitivo mercado mundial actual, es una estrategia.” La planeación de instalaciones está integrada por dos elementos, la ubicación de la instalación, la cual hace referencia a la localización física de la planta, y diseño de instalaciones, se refiere a los sistemas de la planta (sistemas estructurales, atmosféricos, eléctricos, sanidad), la disposición (equipo y maquinaria) y el sistema de manejo de materiales. Por su parte Meyers et al. (2006) define el diseño de instalaciones de manufactura como “la organización de las instalaciones

físicas de la compañía con el fin de promover el uso eficiente de sus recursos, como personal, equipo, materiales y energía”.

Diseño de instalaciones aborda la asignación de las máquinas/departamentos en una instalación con el objetivo de reducir el costo de manejo de materiales (CMM). Estas asignaciones se determinan sobre la base de las intensidades de flujo de productos, cada uno de los cuales se define como el flujo total de producto entre un par de departamentos. Cuanto mayor sea la intensidad del flujo, más cerca los departamentos se deben de colocar para reducir el costo de manejo de materiales (Krishnan 2010).

La localización de las instalaciones dentro del área de la planta, a menudo referido como “problema de distribución de las instalaciones”, se sabe que tiene un impacto significativo en los costos de fabricación, trabajo en proceso, los plazos de entrega y la productividad (Drira, Pierreval & Hajri-Gabouj 2007).

A continuación se presentan algunos autores con su respectiva definición sobre el problema de distribución de instalaciones, citados por Drira et al. (2007): Koopmans y Beckmann (1957) lo definen como un problema común industrial, el objetivo es configurar las instalaciones, así como para reducir al mínimo el costo del transporte de materiales entre ellos. Mientras Shayan y Chittilappilly (2004) lo establecen como un problema de optimización, que trata de hacer diseños más eficaces al tener en cuenta diversas interacciones entre las instalaciones y sistemas de manejo de materiales.

Los problemas de diseño de instalaciones han sido abordados de distintas maneras, dependiendo de las características y objetivos perseguidos de las organizaciones, se han seleccionado diferentes metodologías que se ajustaron al problema en cuestión, las cuales se describen más adelante.

La investigación en el área de distribución de la instalación puede ser categorizada como estática o dinámica, en función de la naturaleza de los requisitos de los insumos y los períodos de tiempo bajo consideración. Problema de distribución de la instalación estática (PDIE), generalmente asumen que el flujo entre las máquinas, la demanda de productos y la gama de productos son constantes y suelen llevar a cabo

por un solo período. Por el contrario, los problemas de distribución de las instalaciones dinámicas (PDID) realizan una evaluación periódica del diseño y se modifica con respecto a los cambios (Krishnan 2010).

En la distribución de las instalaciones del almacén, para encontrar la mejor ubicación para la asignación de los bienes y productos, es importante reducir al mínimo el transporte de carga y descarga de los muelles, así como el transporte hacia las líneas de producción. Como resultado, los productos compiten por áreas de almacenamiento que están más cerca de los muelles y del área de producción. Sin embargo, reducir al mínimo la distancia de desplazamiento de los productos no es el único objetivo. Una distribución del almacén de éxito, además de almacenar materiales, debe alcanzar los siguientes objetivos: maximizar el uso del espacio, el uso de los equipos y mano de obra, entre otros. Aunque los objetivos de distribución del almacén y las operaciones que se realizan son fáciles de entender, los problemas de diseño de distribución siguen siendo complicados debido a la gran diversidad de productos a manejar, las áreas requeridas para el espacio de almacenamiento y la incertidumbre en la demanda del producto (Nehzati, Rashidi-Bajgan & Ismail 2011). Los problemas de diseño de distribución de instalaciones son conocidos por ser complejos y abordados generalmente como NP-Completo (Garey & Johnson 2003).

Un criterio importante que pueden afectar la distribución de las instalaciones el costo de manejo de materiales (se determina basándose en el flujo de materiales y las distancias entre departamentos), que es el factor más importante para determinar la eficiencia de la distribución de las instalaciones y que comprende entre el 20 y 50% del total de los costos de funcionamiento y 15-70% del costo total de los productos manufacturados (Mohamadghasemi & Hadi-Vencheh 2012). Por su parte, Meyers et al. (2006) y Madhusudanan(2011) afirma que el manejo de materiales ocasiona aproximadamente, entre el 40 y el 80 % de todos los costos de producción. Además, se suele admitir que una planeación eficiente de instalaciones puede reducir estos costos cuando menos del 10 al 30%.

Así mismo, Yang (2011) expone que el diseño de la instalación influye directamente en la calidad del producto y el costo y, por lo tanto, la relación de

suministro/demanda. Las empresas de servicio y fabricación invierten una cantidad significativa de tiempo y dinero al diseñar o rediseñar sus instalaciones. Los objetivos de la planificación de las instalaciones incluyen la fabricación de un producto o la prestación de un servicio a un costo más bajo, mejor calidad, o el uso de la menor cantidad de recursos. Para la mayoría de los fabricantes, un plan de distribución eficaz también considera los costos de manejo de materiales en la planificación inicial. Sin embargo, pueden ocurrir cambios en el producto y/o en el proceso, por lo tanto, cada vez más, el encargado de la distribución debe de considerar el diseñar con flexibilidad.

Madhusudanan (2011) y Yang (2011) señalan que un diseño inadecuado aumenta el tiempo de circulación, provoca la acumulación de trabajo en proceso, y hace el control de calidad difícil. El criterio más importante para el análisis y la selección de un diseño de instalaciones es el costo de manejo de materiales (Madhusudanan, Hunagund & Krishnan 2011).

El diseño de la distribución en general depende de la variedad de productos y los volúmenes de producción que se fabrique o ensamble en la empresa. De acuerdo con la cantidad de partes o productos que produce una organización al año se clasifica en los siguientes rangos: a) baja producción, de uno a cien unidades; b) Producción media, de cien a diez mil unidades; c) producción alta, mayor a diez mil unidades (Groover, 2008). Conociendo la cantidad de productos y la complejidad del mismo se establecen varios tipos de “distribución” (Francis, 1992), los más usuales son los siguientes (Groover, 2008): distribución por producto con posición fija, distribución por producto, distribución por procesos.

Dependiendo de la manera en que se formula el problema, es decir, discreto o continuo, las formulaciones que se encuentran en la literatura, puede dar lugar a problemas de asignación cuadrática (QAP) o programación entera mixta (MIP), respectivamente. En cada caso, algunos autores han argumentado que los datos disponibles no podían ser perfectamente conocidos y han sugerido formulación difusa (Drira et al., 2007).

La lógica difusa se ha propuesto para manejar la imprecisión o incertidumbre que se encuentra a menudo. Algunos enfoques basados en conceptos difusos existen para diseñar presentaciones. Por otra parte, en la mayoría de los artículos sobre los problemas de diseño, el objetivo principal es minimizar una función relacionada con el desplazamiento de las partes (Drira et al., 2007).

Existen varios métodos para tratar los diferentes tipos de problemas de distribución de instalaciones formulados en la literatura. Estos métodos están sujetos a satisfacer ciertas restricciones dadas en cada situación. Los enfoques de optimización se pueden dividir en: a) enfoques exactos, como programación lineal entera, y b) enfoques de aproximación, como la heurística y meta heurísticas (Drira et al., 2007). En la clasificación de algoritmos heurísticos encontramos: simulado recocido, algoritmos genéticos, búsqueda tabú, entre otros.

Algoritmos genéticos es un método computacional inspirado en proceso de evolución biológica (Holland, 1992). Además, se concede una gran flexibilidad a la construcción de la función de objetivo para adaptarse a una amplia gama de problemas (Gen and Cheng, 1997). Al-Tabtabai y Alex (1999) han sugerido que el uso de la metodología algoritmo genético es apropiada en las circunstancias siguientes: los métodos convencionales de estadísticas y matemáticas son insuficientes, el problema es muy complejo debido a que la solución posible, el espacio es demasiado grande para analizar en un tiempo finito, entre otros.

Algunos ejemplos de la aplicación de algoritmo genético son: a) resolver problemas de diseño de distribución de instalaciones en combinación con programación lineal o programación entera mixta (Delmaire et al., 1997, Wong et al., 2010), b) distribución de las máquinas dentro del diseño de manufactura celular (Khoo et al., 2003), diseño de distribución con instalaciones de área desigual donde el algoritmo genético fue probado en diferentes situaciones con un número diferente de bloques y limitaciones. En la mayoría de los casos el algoritmo regresó soluciones cercanas a las óptimas en un tiempo razonable (menos de 2 minutos) después de 200 generaciones (Harmanani et al., 2004), resolver problemas de programación de flujo (Bin-Bin and

Ling, 2007), programación de la fabricación de lotes (Slak et al., 2011), programación de flujo flexible (Jungwattanakit et al., 2008).

Redes Neuronales artificiales, estas han sido inspiradas en un principio por tratar de reconocer como el cerebro humano procesa la información (Haykin, 2009). Redes neuronales actúan como una herramienta para la simulación de meta modelación (Zobel and Keeling, 2008). Tienen la capacidad de mejorar su rendimiento mediante el aprendizaje a partir de ejemplos y aprender relaciones subyacentes de una colección de ejemplos de entrenamiento en lugar de seguir un conjunto de reglas determinadas. No requieren información detallada sobre los parámetros del sistema (Azadeh et al., 2010).

Las redes neuronales artificiales se han aplicado para la resolución de distintos problemas como la programación de flujo (Azadeh et al., 2010), programación de flujo flexible (Wang et al., 2003), la planificación jerárquica de la cadena de suministro (Rohde, 2004).

Simulado recocido o temple simulado es un método de búsqueda estocástico, que imita el templado físico de un sólido para encontrar solución a los problemas de optimización combinatoria. En el templado físico, el sólido se calienta hasta que se funde y luego con una programación adecuada el recocido se enfría hasta que se alcanza el punto mínimo de energía (Şahin and Türkbey, 2009). Si la temperatura inicial no se ha seleccionado lo suficientemente alta o proceso de enfriamiento fue muy rápido, en el estado de baja energía, puede haber una deformación en el sólido, es decir, ocasionar que proporcione un resultado deficiente (Palma Méndez and Marín Morales, 2008).

Algunos ejemplos de la aplicación de temple simulado son: diseño óptimo de sistemas de alcantarillado (Diogo and Graveto, 2006), balanceo y secuenciación (Kara et al., 2007), programación de flujo con dos máquinas de procesamiento de lotes (Mirsanei et al., 2009), diseño de distribución de instalaciones con múltiples objetivos con un enfoque de encontrar un conjunto de soluciones factibles que proporcione alternativas aceptables al tomador de decisiones (Şahin and Türkbey, 2009).

Por otro parte, búsqueda Tabú es ampliamente empleado para obtener una buena solución para los problemas de optimización combinatoria en el rango razonable de tiempo de cálculo desde la primera propuesta por Glover (1989, 1990). Búsqueda tabú se caracteriza por su simplicidad, gran capacidad de adaptación, un proceso de memoria a corto plazo para escapar de un óptimo local, evitar el ciclismo y para intensificar la búsqueda en torno a una buena solución, y un proceso de memoria a largo plazo para diversificar el proceso de búsqueda (Seo et al., 2007).

Búsqueda Tabú se ha aplicado en los problemas de distribución de instalaciones (Kulturel-konak et al., 2004), diseño del recorrido flexible de un vehículo guiado automáticamente donde los métodos de solución existentes no proporcionan un enfoque de solución eficiente (Seo et al., 2007).

### **2.3.3 Manejo de Material**

Como se menciona en el trabajo de Green (2010), manejo de materiales (MM) se define, simplemente, como material que se mueve. Esta es la percepción popular que muchos sostienen; sin embargo, el manejo de materiales incluye mucho más que el simple movimiento de materiales. El flujo, el movimiento y almacenamiento de materiales en los procesos de fabricación de las empresas a menudo requieren una gran cantidad de recursos, tanto de empleados y equipos.

Mientras que Industria del Manejo de Material (2012) define el manejo de material como “el movimiento, almacenamiento, protección y control de materiales a través de la manufactura y proceso de distribución...”

El manejo de materiales es considerado como una actividad sin valor agregado pero que se requiere en el proceso y tiene una influencia sobre la capacidad de la organización para cumplir con las metas. Para un número significativo de empresas, la manipulación de material puede representar más de la mitad del coste total de fabricación (Green, Lee & Kozman 2010).

Abdul et al. (2012) expone que el sistema de manejo de material (SMM) es uno de los componentes básicos que complementa toda la operación de fabricación. Este sistema básicamente se refiere a cualquier actividad, el equipo y los procedimientos

relacionados con el movimiento, el almacenamiento, la protección y el control del flujo de materiales en un sistema de producción. Proporciona al sistema de fabricación, el flujo de material suave. El SMM se clasifica como actividades sin valor añadido, lo cual sugiere que entre menos MM es lo más ideal. Sin embargo, es imposible eliminar totalmente las actividades de MM en cualquier operación de fabricación. También, varias investigaciones afirman que un buen SMM promete ventajas para el sistema de fabricación como la mejora de los factores ergonómicos; la reducción de las distancias, las actividades que no agregan valor y el tiempo de ciclo, el costo del producto; y la reducción del inventario en proceso, así como plazo de ejecución del producto (Khanna & Shankar 2008).

Sistema de MM es sinónimo de producción JIT, requiere suministro de materiales adecuados y pertinentes para el sistema en la cantidad, el lugar, la hora, la posición, la secuencia y el costo adecuado. Esto es para asegurar que los productos se producen en el momento adecuado y cumplen con los requisitos de calidad (Alvarez et al. 2009). Por lo tanto, para lograr un flujo conveniente de materiales es importante la selección indicada de sistema de manejo de materiales.

## **2.4 Almacén e inventario**

Hoy en día, las fluctuaciones de los costos y las demandas de los clientes hacen que sea más difícil para las empresas responder a las condiciones del mercado de manera eficaz, lo que puede provocar la pérdida de clientes y utilidades. Para muchas empresas es importante evitar esta situación, por esta razón tienen que desarrollar relaciones con todos sus proveedores, así también las relaciones con sus clientes (Cakmak et al. 2012).

Además, en el moderno proceso de la cadena de suministro, los productos deben ser entregados a los clientes en menor tiempo y con el mínimo de desperdicios posible. Esta limitación de tiempo tiene un impacto directo sobre la organización y gestión del almacén. Éste es uno de los factores clave en la gestión de la cadena de suministro (Baker & Canessa 2009).

En otras palabras, Mishra (2011) menciona que el almacenamiento es una parte integral de la cadena de suministro que contribuye en la entrega eficiente de las mercancías para el cliente. Por lo tanto, el almacén es un vínculo importante entre el productor y el cliente; es un lugar donde los materiales, semi productos y productos terminados son recibidos, transferidos, resguardados, adquiridos (preparación de pedidos), ordenados y clasificados, y embarcados (Cakmak et al. 2012).

Sin embargo, Mishra (2011) añade que el problema de gestión de almacenes no ha recibido mucha atención en la literatura. La gestión eficaz del almacén ayuda en la reducción del costo de inventario y el tiempo de ejecución de la entrega (Chan, F. T. S. & Kumar 2009a, 2009b). Los investigadores se han dado cuenta de la importancia del almacenamiento en la gestión de la cadena de suministro y se destaca que se le debe dar la misma importancia que el proceso de fabricación.

La palabra “almacén” tiene sus raíces árabes, se dice que proviene del árabe “al-mahzan” que significa “tienda, negocio, depósito”, proveniente de verbo “hazana” que significa “guardar, proteger”, con esto se conoce su procedencia etimológica para involucrarnos de una forma más profunda (Gómez, Aguirre & Herrera 2010).

La definición de almacén según Alfonso García (2000), citado por Gómez et al. (2010) nos dice que es la unidad de servicio en la estructura de una empresa comercial o industrial, con objetivos definidos de resguardo, custodia, control y abastecimiento de materiales y productos; pero el almacén va más allá de estas básicas premisas, por otra parte Carranza (2000), citado por Gómez et al. (2010), afirma que el almacenamiento “engloba todas aquellas actividades que permite el correcto almacenaje de productos y la preparación de pedidos, esto nos afirma que el desarrollo que venía practicando el almacén hace unos años cambio totalmente, y que para las empresas modernas el almacenamiento es una opción positiva y satisfactoria para el cliente final”.

De lo anterior se parte para citar Roelof et al. (2013), quien indica que los almacenes son sistemas logísticos que se caracterizan por una compleja interacción entre diferentes componentes. Un almacén es un centro que proporciona un almacenamiento temporal para muchos productos diferentes en muchos lugares

distintos físicamente. El propósito de un almacén es cumplir con los pedidos del cliente.

El cumplimiento de una orden consiste en recoger un conjunto específico de materiales almacenados y enviarlos al cliente. En un almacén típico de muchos pedidos de los clientes se manejan al mismo tiempo.

De acuerdo con Lerher et al. (2012) explica que los almacenes, con su propósito básico, son una necesidad absoluta para un funcionamiento continuo y óptimo de los procesos de producción y distribución. Se necesitan almacenes por diversas razones, especialmente: a) para facilitar la coordinación entre la producción y la demanda de los clientes, b) la acumulación y consolidación de productos de diversos fabricantes para envíos combinados, c) facilitar la entrega el mismo día de la producción, d) para apoyar las actividades de productos de personalización, tales como el embalaje, ensamble final , etc.

Correa et al. (2011) señala que la selección y configuración del tipo de almacén suele ser crítica para que la empresa opere adecuadamente y atienda satisfactoriamente las necesidades de los clientes. Por estos motivos, se presentan los tipos o funciones más comunes de la gestión de almacenes.

### **2.4.1 Tipos de almacén**

Basicamente, los tipos de almacén que se pueden distinguir son de distribución, de producción y de contrato según Van den Berg y Zijm (1999) citado por Önüt et al. (2008), el almacén de distribución aquel que recoge los productos de distintos proveedores para la entrega a los clientes; el de producción se utiliza para el almacenamiento de materias primas, productos semi-elaborados y productos terminados en una planta de producción. Un almacén de contrato es una instalación que realiza la operación de almacenamiento para uno o más clientes.

Otra clasificación es debido al sistema que posee el almacén, hay dos tipos de sistemas, sistemas de almacenamiento de mecanizados y los sistemas de almacenamiento automatizados (Lerher et al. 2012).

Por otro lado, Correa et al. (2011) hace una revisión literaria que se resume en la tabla 2.1. También sugiere que en el momento de la elección del tipo de almacén, se recomienda analizar la demanda, tipo de productos, ubicación geográfica y características de los clientes para aprovechar al máximo los recursos y satisfacer las necesidades de las partes involucradas. Además, se debe tener en cuenta que sin importar el tipo de almacén se pueden utilizar las tecnologías de información y comunicación (TIC) como: el sistema de gestión de almacén (WMS, por sus sigla en inglés), sistema de gestión de personal (LMS, por sus sigla en inglés), código de barras e identificación por radio frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés), las cuales poseen funcionalidades transversales. Otras TIC como: Inventario administrado por el vendedor (VMI, por sus siglas en inglés), preparación de pedidos apoyado en luz y voz, suelen utilizarse en almacenes o centros de distribución por el volumen de las operaciones de preparación de pedidos.

Tipo	Características
<b>1.1 Almacén de materia prima</b>	Buscar garantizar un nivel de inventario para garantizar la disponibilidad de materia prima y así permitir la normal operación del proceso de producción.
<b>1.2 Almacén de producto en proceso</b>	Mantener un nivel de inventario para proteger el sistema productivo contra daños de máquinas, interrupciones inesperadas, ineficiencias y falta de coordinación entre operaciones que retrasan el cumplimiento de órdenes de entrega.
<b>1.3 Almacén de producto terminado</b>	Desarrollar un conjunto de procesos logísticos y garantizar un nivel adecuado de inventarios en cumplimiento de la demanda de los clientes.
<b>1.4 Almacén auxiliar</b>	Mantener un nivel de inventario para garantizar la disponibilidad de material auxiliar. Este material puede ser el embalaje usado, los repuestos de la maquinaria, etc.

**Tabla 2.1.** Clasificación de almacén con respecto a la etapa del proceso en que se encuentra la materia prima (Correa , Gómez & Cano 2011).

Finalmente, el tipo de almacén con que cuente una empresa es el principal factor para configurar los procesos que componen la gestión de almacenes.

#### **2.4.2 Procesos de la gestión de almacén**

Nehzati et al. (2011) indica que el almacén comprende tres actividades principales: recepción de los productos, almacenamiento hasta que se demanden y recuperación

de pedidos. Mientras que otros autores señalan cuatro funciones principales del almacén, es decir, recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y envío (Önüt, Tuzkaya & Dogaç 2008).

De acuerdo con Shiau y Lee (2010), el proceso de recepción es el primer proceso encontrado por un artículo que llega, aquí las cantidades son verificadas y controles aleatorios de calidad se realizan en el material entregado. En el proceso de almacenamiento, los elementos se colocan en los lugares destinados. Proceso de preparación de pedidos se refiere a la recuperación del material de sus lugares de almacenamiento para satisfacer los pedidos del cliente. Estos materiales pueden ser transportados a la clasificación y/o proceso de consolidación. La consolidación se refiere a la agrupación de artículos destinados para el mismo cliente. En el proceso de envío, los pedidos se comprueban, embalan y, finalmente, se transportan al cliente.

#### **2.4.2.1 Recepción**

En la fase de recepción como el primer proceso, los bienes son generalmente entregados por camiones, descargados en el área de recepción, revisados y preparados para el transporte a la zona de almacenamiento (Önüt, Tuzkaya & Dogaç 2008). La actividad de recepción incluye la descarga de los productos de la compañía de transporte, la actualización del registro de inventario, la inspección para verificar la cantidad o la calidad (de Koster, Le-Duc & Roodbergen 2007). Después de que los productos han llegado a un almacén, la inspección y las operaciones de recepción pueden llevar a la congestión o el retraso adicional, aumentar la varianza del tiempo de transporte interno para la siguiente operación de almacén (Gong & Koster 2011) y provocar un incremento en el tiempo de procesamiento.

#### **2.4.2.2 Ubicación**

Almacenar implica la transferencia de los productos recibidos a ubicaciones de almacenamiento. También puede incluir el re-embalado, y los movimientos físicos (de Koster, Le-Duc & Roodbergen 2007). Gong y Koster (2011) explican que almacenar es una operación crítica, ya que determina la eficiencia y el costo de la recuperación,

y representa alrededor del 15% de los costos operativos del almacén. Además, almacenar por secuenciado y por lotes puede mejorar la eficiencia. Önüt et al. (2008) explica que el proceso de almacenamiento puede ser realizado por diferentes políticas de almacenamiento. Los más utilizados y preferentes se pueden dar como política de almacenamiento aleatorio, la política de almacenamiento dedicado y la política de almacenamiento por clase.

La política de manera aleatoria se realiza mediante la asignación de la ubicación en función del espacio disponible en el momento del trabajo, en otras palabras se deja la decisión al operador. Una política de forma dedicada, establece un lugar determinado para cada producto a almacenar. Y una política de almacenamiento basada en la clase es combinación entre las políticas de asignación al azar y dedicado. Se divide los productos en clases sobre la base de unos criterios y a cada clase se le asigna un bloque de ubicaciones de almacenamiento. Esta política puede ser llamado como zonificación ABC.

Además, un área de almacenamiento se puede dividir en las siguientes áreas: Área de reserva y el área delantera. Los materiales de la zona de reserva se almacenan hasta que son necesarios para el envío al cliente. Los materiales de la zona delantera son almacenados y preparados para las operaciones de recuperación llevadas a cabo por los preparadores de pedidos.

#### **2.4.2.3 Recuperación**

En particular, la preparación de pedidos es visto como la operación de más trabajo, ya que a menudo causa entre el 60 y 70% del costo total de operación de un almacén (Coyle, John Joseph, Bardi & Langley 2003).

Önüt et al. (2008) indica que la preparación de pedidos se refiere a la recuperación de los bienes de sus lugares de almacenamiento cada vez que se solicita un bien. Estas operaciones ejecutadas por los preparadores de pedidos. Mientras que Kulak (2012) define la preparación de pedidos como el proceso para recuperar los bienes requeridos de acuerdo con los pedidos de los clientes (Kulak et al., 2012).

El rendimiento y la eficiencia de un sistema de preparación de pedidos dependen del patrón de demanda de los productos, el diseño de la bodega, el proceso de almacenamiento, el método de dosificación y el método de enrutamiento (Önüt, Tuzkaya & Dogaç 2008).

Hay cuatro problemas típicos de decisiones operativas y tácticas a los que se enfrentan los responsables en relación a la preparación de pedidos, éstos son: a) diseño de distribución de instalaciones, con las implicaciones mencionadas anteriormente; b) las políticas de asignación de almacenamiento, se engloba en el sistema de acomodo y localización; c) las políticas de recolección, se refiere al sistema de recuperación; y d) las políticas de enrutamiento (Kulak et al., 2012). Estas decisiones son interdependientes (Chan and Chan, 2011).

Política de preparación de pedidos se compone de la siguiente manera: preparación de pedidos básica, por zona, por lotes, y la recolección por oleada. Preparación de pedidos básica es una política común, donde los recolectores deben completar un recorrido por el almacén para recoger todos los materiales para una orden. Por zona, es otra política que divide el almacén en secciones y permite a los recolectores para recuperar materiales dentro de una misma área.

Por lotes, las órdenes son recogidos simultáneamente por un almacenista, el cual está típicamente limitado a una determinada zona en el almacén, esto reduce el tiempo medio de viaje por orden, sin embargo, se requiere que las órdenes sean agrupadas después. El armador del pedido, o bien puede ordenar los pedidos al atravesar el almacén o los artículos pueden ser agrupados y ordenados después. La recolección por ola (“wave”) es una variación de la preparación de pedidos por zona donde varios trabajadores recuperan las diferentes partes de una misma orden, al mismo tiempo de todas las zonas (Shiau & Lee 2010).

#### **2.4.2.4 Envío**

En el proceso de envío, los pedidos se comprueban, embalados y, finalmente, cargados en camiones, trenes o cualquier otro soporte (Shiau & Lee 2010).

Estos procesos se deben de efectuar buscando maximizar el uso del espacio, utilizar eficientemente equipos y mano de obra, facilitar la accesibilidad y proporcionar protección a los materiales (Nehzati, Rashidi-Bajgan & Ismail 2011). De acuerdo con Kulak (2012) el diseño y la planificación de operaciones de almacén puede influir en el rendimiento de los sistemas de gestión de inventarios y por lo tanto afectar a la competitividad de la empresa. Las operaciones tienen una fuerte influencia sobre los costos logísticos.

### **2.4.3 Inventario**

Strack (2010) describe que en todos los niveles clásicos de decisión (estratégico, táctico y operativo), los responsables de almacén tienen que hacer frente a problemas que se pueden dividir en dos grandes clases: la gestión de almacén y los problemas de gestión de inventario.

En cuanto a las cuestiones de gestión de almacén, los gerentes tienen que decidir dónde asignar los productos dentro del almacén. En cuanto a la gestión del inventario, los gerentes deben decidir qué producto y qué cantidad de cada producto deben ser almacenados en el almacén.

De acuerdo con Stack (2010) y Ghiani et al. (2013) señalan que el objetivo de la gestión de inventario es minimizar los costos totales de operación al tiempo que satisface las necesidades de servicios de los clientes. Con el fin de lograr este objetivo, una política de ordenamiento debe ser determinada en base a las necesidades de cuándo y cuánto tiene que ordenar. Los costos de operación incluyen los costos por ordenar, los costos por mantener y los costos por escasez, que se incurre cuando la demanda de un cliente no puede ser satisfecha. Existen diferentes políticas de inventario: revisión periódica y revisión continua. La primera política implica que el nivel de existencias se verifica después de un período de tiempo determinado y una decisión que orden se hará con el fin de completar el inventario establecido máximo (orden hasta el punto), solo si es necesario. En la segunda política, el nivel de existencias se monitoreará continuamente. Una cantidad fija se ordenará cuando el nivel de inventario llega a un punto de pedido.

El pedido sólo se entrega después de un plazo fijo y la escasez pueden existir si el inventario se agota antes de la recepción de la cantidad de la orden. Esas políticas básicas pueden ser adaptadas para tener en cuenta la situación especial, como los modelos de uno o varios ítems, los modelos simples o múltiples períodos, demandas deterministas o estocásticas, y la pérdida de ventas o pedidos pendientes (Strack & Pochet 2010).

De acuerdo con la literatura, el inventario general, representa entre el 20 y el 60% de los activos totales de las empresas manufactureras. La gestión de inventario de la cadena de suministro (GICS) se centra en la demanda de los clientes y tiene como objetivo mejorar el servicio al cliente al tiempo que reduce los costes correspondientes. Las principales consideraciones en materia de políticas GICS incluyen la naturaleza de la optimización (local o global), el tipo de control, la naturaleza de la revisión de los niveles de inventario, el tipo de función de demanda, y la responsabilidad del control de inventario, estas se explican a continuación (Ryu et al. 2013).

Una política de inventario puede tener objetivos locales o globales. En cuanto a los primeros objetivos, cada miembro de la CS tiende a tomar decisiones sobre su propio inventario individualmente en base a criterios de desempeño locales. Por el contrario, en cuanto a los segundos objetivos, la política de inventario de la CS tiende a tomar decisiones para optimizar la totalidad del inventario basado en criterios de desempeño global.

Hay dos estrategias diferentes para la gestión de inventario de la CS, incluyendo el control de inventario centralizado y distribuido. El control centralizado, un responsable determina la política que minimiza el costo total de la CS con un alto grado de coordinación y comunicación entre los miembros. Por otro lado, el control distribuido, cada miembro de la CS controla el estado de su propio inventario local y coloca órdenes a sus predecesores en base a sus propios criterios de rendimiento.

Políticas de gestión de inventarios también pueden diferir en cuanto a la manera de revisar los niveles de inventario. Una política de control de revisión periódica, el estado del inventario se revisa en un intervalo de tiempo constante. En cada revisión,

una orden de reposición puede ser emitido para que el estado del inventario con un nivel objetivo. Una política de control de revisión continua, una orden de reposición se emite cuando la posición del inventario está por debajo de un nivel predeterminado, es decir, el punto de pedido. Una política de control híbrido también se puede aplicar para la gestión de inventario.

Políticas de gestión de inventario se caracterizan sobre la base de las funciones de demanda utilizadas. La mayor parte de la literatura supone que la demanda sigue una cierta distribución de probabilidad tal como normal, poisson, gamma, y así sucesivamente. Algunos investigadores utilizan una función de demanda lineal para simplificar sus modelos (Nachiappan & Jawahar 2007). A pesar de que la demanda es el factor más importante para el control de inventario, es muy difícil predecir la demanda exacta con antelación.

Por último, las políticas de inventario se pueden caracterizar en base a la responsabilidad del control de inventario. En las políticas de control de inventarios tradicionales, cada miembro es responsable de su propia producción o la distribución de las actividades de control de inventarios y pedidos. Una de las características y problemas que todos los miembros de una CS tradicional deben resolver es “cuánto ordenar para que el sistema de producción fluya y permita satisfacer los que sus clientes exigen”. Cada miembro se esfuerza por desarrollar estrategias locales para la optimización de sus propios objetivos sin tener en cuenta el impacto de sus estrategias en el desempeño de los demás miembros. Miembros superiores no saben la información de la demanda real del mercado, porque la información no se comparte. En otras palabras, cada empresa en la CS contiene información sólo acerca de lo que sus clientes inmediatos y no lo que quiere el cliente final. Cada miembro de la CS, por lo tanto, vuelve a llenar su propio inventario, considerando su posición en el inventario local.

En contraste con el control de inventario tradicional, muchas empresas se han visto obligadas a mejorar sus operaciones en su CS, compartiendo la demanda y el inventario con sus miembros anteriores y posteriores.

Por otra parte, la importancia de la disponibilidad de existencias (de material o producto), se ha incrementado. Esto es debido al proceso de mercantilización visto en muchas industrias, lo que provoca una disposición cada vez menor por parte del cliente para esperar la entrega. En este nuevo entorno, garantizando la pronta disponibilidad del producto es un nuevo desafío que requiere un conocimiento profundo de las palancas que una empresa puede utilizar para aumentar el nivel de servicio sin incurrir en costos adicionales. Dado el equilibrio entre disponibilidad de inventario y costos de inversión, las empresas necesitan entender cómo se puede mejorar el servicio de logística sin aumentar el nivel de inventario. Aunque la relación entre el nivel de servicio y la gestión del inventario ha sido ampliamente estudiada, todavía hay margen para una mayor investigación. De hecho, la disponibilidad física de inventario no siempre resulta en la capacidad para cumplir la orden, debido a una serie de problemas que afectan a los almacenes. Por ejemplo, el producto puede ser almacenado en la posición incorrecta, o la información almacenada en el sistema de información sobre los niveles de existencias reales puede ser inexacta (Gallmann & Belvedere 2011).

De acuerdo con Rushton (2006) y Gallmann (2010) la disponibilidad de existencias es una de las cualidades que caracterizan a servicios logísticos. Logística es generalmente evaluada por su eficiencia y eficacia. El primero se cuantifica generalmente a través de los costos logísticos totales, mientras que el segundo se piensa en términos de "servicio logístico", que se refiere a la capacidad de una empresa para ofrecer un buen nivel de disponibilidad, velocidad, fiabilidad y flexibilidad del proceso de entrega.

Estudios previos sobre la disponibilidad de existencias direcciona principalmente el problema de cuantificar adecuadamente el volumen de mercancías para mantener en el almacén, que permita ofrecer a los clientes un nivel de servicio satisfactorio y de mantener los costos de inventario relacionados dentro de límites aceptables. Desde esta perspectiva, el nivel de inventario de una empresa se puede determinar con eficacia mediante la aplicación de fórmulas adecuadas, especialmente las que se refieren las existencias de seguridad en el nivel de servicio deseado (Gallmann &

Belvedere 2011). En los últimos años, los estudios influyentes han tratado de poner de relieve que es necesario aprovechar la disponibilidad de existencias y cómo mejorarlo sin aumentar el nivel de inventario.

## **2.5 Manufactura Esbelta**

Manufactura esbelta (ME) es un paradigma de fabricación basado en la eliminación de los desperdicios (Deif 2012), de acuerdo con Brascoet al. (2013), ME significa "producir exactamente lo que el cliente quiere, en el momento correcto, a un precio justo y con mínimo desperdicio". Esto lleva a sugerir que el pensamiento esbelto se centra en la optimización de los recursos de producción relevantes para el cliente (es decir, tiempo, las personas, las máquinas, el espacio, entre otros). En pocas palabras, esbelta significa manufactura sin desperdicio; y la aplicación de ME se centra en conseguir los elementos correctos, en el lugar adecuado, en el momento indicado, en la cantidad exacta, para así, conseguir un flujo de trabajo apropiado, tener un sistema flexible y capaz de cambiar la configuración de trabajo (Elmoselhy 2013).

Antes de continuar describiendo ME, es importante indicar qué son los desperdicios, en la manufactura esbelta, según Womack y Jones (2005), se pueden definir cómo cualquier actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor. "Muda" es una palabra japonesa para los desperdicios y Ohno (2010), ha identificado siete tipos. Ellos son la sobreproducción, espera, transporte, movimiento innecesario, procesamiento inadecuado, inventario y el defecto (Abdul, R. N. A., Mohd & Mohamed 2013). Pero después se agrega uno más con el denominado "gente subutilizados" (Ver en la tabla 2.2) o "creatividad de los empleados sin usar" (Abdul, W. A. N., Mukhtar & Sulaiman 2013).

Los desperdicios pueden tomar muchas formas y se pueden encontrar en cualquier momento y en cualquier lugar. Puede estar escondido en las políticas, los procedimientos, los procesos y el diseño de productos, y en las operaciones. Consumen recursos pero no añade ningún valor al producto (Jeyaraj et al. 2013).

Desperdicio	Descripción
Sobreproducción	Hacer artículos de mas, demasiado pronto o "por si acaso"
Espera	La espera es influye directamente al flujo y es, probablemente, el segundo más importante de residuos. Se produce cuando el tiempo no está siendo utilizado de manera efectiva.
Movimiento	Movimiento innecesario, refiere tanto humano y el diseño
Transporte	Movimiento de materiales y la doble manipulación. Esto afectará a la productividad y al tema de la calidad
Procesamiento	Se refiere a máquinas y procesos que no son capaces de transformar con calidad.
Inventario	Hay tres tipos de inventario, materias primas, productos en proceso y productos finales. Inventario tiende a aumentar el tiempo de procesamiento, impide la rápida identificación de los problemas, y aumenta el espacio.
Defectos	Los defectos en la falla interna son desechos, re trabajo y retrasos, mientras que el defecto externo incluye garantía, la reparación y servicio de campo.
Personas subutilizadas	Creatividad de las personas sin utilizar

**Tabla 2.2.** Los 7+1 desperdicios, construida del trabajo de Abdul et al. (2013).

### 2.5.1 Enfoque de la manufactura esbelta

De acuerdo con Elmoselhy (2013), hay dos enfoques con que trabaja la ME. El primero de estos dos enfoques es la identificación y eliminación constante de la causa subyacente de los desperdicios (es decir, Muda) a través de un conjunto de herramientas. En el segundo enfoque hace hincapié en la mejora del flujo o circulación suave de trabajo, eliminando así progresivamente Mura (es decir, la desigualdad, sobrecarga de trabajo) a través del sistema y no la "reducción de desperdicios" de manera directa. Se basa en el hecho de que si la producción fluye apropiadamente, no habrá inventario. Técnicas para mejorar el flujo incluyen un sistema de tarjetas Kanban, Heijunka (programa de producción por volumen y mezclado), y la producción de nivelada.

Los esfuerzos de manufactura esbelta se concentran para utilizar menos de todo, menos inversión en equipos y herramientas, espacio de fabricación, trabajadores y menos tiempo de ingeniería de producto y diseño de procesos (Das, Venkatadri & Pandey 2013).

### **2.5.2 Pilares de la manufactura esbelta**

En su investigación Das et al. (2013), señalan que ME se describe a menudo por medio de una casa. Y describen la casa de la siguiente manera: uno de los pilares de la casa representa justo a tiempo (JIT, por sus siglas en inglés). JIT como uno de los principios clave de la eficiencia en la fabricación. El otro pilar, Jidoka, que trata de garantizar la calidad del producto y trata de eliminar cualquier oportunidad de producir defectos. Poka yoke (a pruebas de tontos) es uno de los términos más popular utilizado en la manufactura esbelta, lo que significa que el diseño de un sistema tiene la capacidad de prevenir un defecto, y si se produce uno, poder detectarlo. En la base de la casa es Heijunka, o nivelación, significa llevar a cabo la producción de tal manera que permite una mejor utilización de los recursos. El trabajo estable y estándar es absolutamente esencial para cualquier organización que desee practicar la manufactura esbelta. Otra parte de la fundación de la casa es Kaizen, lo que significa una mejora continua.

### **2.5.3 Objetivos de la Manufactura Esbelta**

Los objetivos de ME son muy amplios y se basan en el problema que se quiere solucionar, Abdul (2013), indica que el objetivo de la manufactura esbelta es reducir los desperdicios y las actividades sin valor agregado. Esencialmente, la idea central de la manufactura esbelta es maximizar el valor del cliente. El objetivo final de la implementación de ME en una operación es aumentar la productividad, mejorar la calidad, reducir los plazos de entrega, reducir los costos y así sucesivamente.

Por otra parte, Jeyaraj et al. (2013), menciona que los objetivos de la manufactura esbelta se centran en reducir los desperdicios en el esfuerzo humano y el inventario, llegar al mercado a tiempo, mantener una producción altamente sensible a la demanda del cliente, mientras se realizan productos de calidad de la manera más eficiente y económicamente posible (Abdul, R. N. A., Mohd & Mohamed 2013). La implementación de las prácticas de ME tienen una implicación en la reducción de inventarios y tiempos de entrega, una mejor utilización del espacio y de los recursos,

mayor productividad y calidad, que básicamente va acorde a los objetivos antes planteados (Vimal & Vinodh 2013).

#### **2.5.4 Beneficios de la Manufactura Esbelta**

Con respecto a los beneficios, Bhaskaran (2012) y Das et al. (2013), resaltan que los beneficios de ME se pueden resumir de la siguiente manera: la reducción de los desperdicios, la mejora de la productividad y la calidad, la introducción de prácticas innovadoras para mejorar la competitividad global; inducir buenas prácticas de gestión, aumento de la producción industrial, la reducción de quejas de los clientes, una mejor adherencia al calendario de entrega, reducción en el rechazo de calidad en cada etapa del proceso de producción; menor inventario, la utilización óptima de los recursos en términos de espacio, mano de obra, materiales, utilización de los equipos y el consumo de energía , el lugar de trabajo ordenado, entre otros.

#### **2.5.5 Principios de la manufactura esbelta**

En términos generales, el pensamiento esbelto se define de acuerdo con cinco principios fundamentales (Bhaskaran 2012; Brasco, Found & Moura 2013; Das, Venkatadri & Pandey 2013; Womack & Jones 2005) a continuación se explican.

Entender y especificar el valor deseado por el cliente: El valor se define desde el punto de vista del cliente final con respecto a un producto determinado, con capacidades definidas, que se ofrecen en un momento específico.

Identificar los flujos de valor: Después de haber comprendido el valor para los clientes, el siguiente paso es analizar los procesos de negocio para determinar cuáles realmente añaden valor.

Hacer un flujo de valor: La atención debe centrarse en el flujo continuo del material en pequeñas cantidades. Este enfoque ayuda a reducir el inventario de trabajo.

Producir por medio del sistema jalar (pull): La fabricación de cualquier producto debe ser activada por la demanda del proceso que le sigue. Ningún material debe ser transformado, a menos que sea requerido por un proceso posterior.

Perseguir la perfección: La eliminación de las actividades que no agregan valor (VAN, por sus siglas en inglés) es un proceso de mejora continua.

Russell y Taylor (1999), mencionado por Jeyaraj (2013), sugieren que el mapeo de la cadena de valor (VSM) es una excelente herramienta para cualquier empresa que quiere llegar a ser esbelta. ME también utiliza herramientas como el flujo de una sola pieza, control visual, kaizen, manufactura celular, gestión de inventario, Poka Yoke, trabajo estandarizado, la organización del lugar de trabajo para reducir los desperdicios de fabricación.

### **2.5.6 Herramientas de la manufactura esbelta**

Manufactura esbelta también se puede ver como un conjunto de herramientas que ayudan a la identificación y eliminación de los desperdicios, y de manera implícita mejora la calidad, el tiempo de producción y el costo (Abdul, R. N. A., Mohd & Mohamed 2013). A continuación se describen algunas herramientas.

#### **2.5.6.1 Mapeo de la cadena de valor**

Mapeo de la cadena de valor es una herramienta que se utiliza para mostrar gráficamente el proceso de producción. Además de los flujos de materiales, también se trazan los flujos de información que indican y controlan la producción (Deif 2012). Por otro lado, Vinodh et al. (2011) menciona que el VSM es un método de mapeo de procesos para una mejor comprensión de la secuencia de actividades y los flujos de información utilizada para producir un producto y entregar un servicio. De acuerdo con Rother y Shook, mencionados por Anand y Rambabu (2011), explicaron que una cadena de valor está formada por todas las actividades tanto de valor agregado (VA) y las que no agregan valor (NVA) que se requieren para llevar un producto o un grupo de productos.

Jeyaraj (2013) señala que es necesario mapear la cadena de valor entre empresas y cadenas de valor dentro de la empresa. También indica que por lo general un VSM comienza con la entrega al cliente (parte final del proceso) y se traza el camino del producto de regreso a través de todo el proceso. Estos mapas contienen datos tales como el tiempo de ciclo, el trabajo en proceso (WIP, por sus siglas en inglés), niveles

de calidad, y datos del funcionamiento del equipo. Los principales objetivos de este trabajo son los siguientes: reducir las actividades sin valor agregado, el tiempo de procesamiento y maximizar la utilización de la máquina, los hombres y el espacio. Por último, expone una sencilla metodología que comienza con mapear el estado actual, que es una lectura y registro de la situación actual de la planta, seguido de un análisis del mapa que consiste en una revisión de la problemática de operación de producción, después se realiza el estado deseado, se trata de encontrar una solución que sea la brecha entre el estado actual y el futuro, por último se hace un análisis del mapa de cadena de valor futuro para evaluar la factibilidad y la condición de operación de producción, que servirá para hacer ajustes a la solución, para su posterior implementación.

Por otra parte Das et al. (2013) expone que VSM se centra en el valor en el contexto de lo que el cliente está dispuesto a pagar o lo que hace que el aumento de la satisfacción del cliente de los productos. El objetivo principal de la VSM es estimar el tiempo de espera asociado con un cierto flujo de producto a través de un sistema. Todo el ejercicio de VSM se puede dividir en cuatro pasos fundamentales: (1) identificar la familia de productos, (2) crear un estado mapa de flujo de valor actual, (3) crear un futuro mapa de flujo de valor de estado, y (4) crear un plan de acción. VSM siempre es considerado como el punto de partida de las prácticas de mejoramiento del sistema, ya que ayuda en la identificación de las áreas en las que deberían concentrarse los esfuerzos de mejora. La principal ventaja de VSM es que le da la oportunidad de examinar la cadena de proceso y centrarse sólo en la actividad de valor añadido.

En pocas palabras, VSM es una herramienta de visualización para la identificación y eliminación de los desperdicios, por ende ayuda a mejorar el flujo de materiales (Domingo et al. 2007).

#### **2.5.6.2 Sistema 5S´s**

Es uno de los fundamentos de ME. Es la disciplina del orden, la limpieza y el control visual. 5S´s es un requisito previo para muchas de las técnicas más avanzadas. Por

lo general, se ahorra tiempo (reduce los traslados y búsqueda de herramientas y materiales), y también podría liberar espacio (reduce el desorden y ayuda a la eliminación de elementos no utilizados en el área de trabajo) (Rivera & Manotas 2013)

Das et al. (2013) y Bhaskaran (2012), declaran que 5S's es una de las herramientas más útiles de la manufactura esbelta. El nombre 5S's se deriva de la primera letra de las cinco palabras japonesas: seiri, seiton, seison, seiketsu y shitsuke. Significados de las palabras japonesas a español son clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y sostener. Además explican cada una de las fases. En la fase de clasificación, todos los elementos se extiende en el centro de trabajo se segregan como elementos necesarios e innecesarios. Todos estos elementos innecesarios se eliminan en una fase de clasificación. Luego, en la fase de ordenamiento, todos los elementos necesarios se disponen y se define su ubicación. En la fase de limpieza, todos los lugares de trabajo se limpian cuidadosamente. En la fase de estandarizar, los procedimientos de trabajo se definen para sostener la mejora. En la fase sostenida, el programa completo se desarrolla para formar a las personas para una buena práctica de trabajo y motivarlos para que se adhieran a las normas de trabajo, en algunas empresas se lleva a cabo auditorías para evaluar el nivel a implementación de la herramienta de 5S's.

### **2.5.6.3 Fábrica visual**

En un ambiente de manufactura esbelta, los controles visuales son esenciales para facilitar las actividades de trabajo eficaces. Los sistemas visuales pueden hacer la información compleja en simple, proporcionando los trabajadores la situación actual, medidas de rendimiento fáciles de usar que comunican los resultados en tiempo real (Fullerton, Kennedy & Widener 2013).

Bhaskaran (2012) expone que los sistemas visuales son una forma de comunicación y se puede utilizar para dirigir el flujo e identificar problemas, necesidades, estados del trabajo con una mínima interacción por parte de una persona. Normalmente, estos pueden ser o no soluciones de bajo costo y pueden ser

implementadas rápidamente para mejorar los flujos de las personas, la información y los documentos. Se puede utilizar en cualquier lugar de la organización. Señales simples que proporcionan una comprensión inmediata de una situación o condición, como gráficos, señales luminosas, trazado en el suelo carril, instrucciones de seguridad, señales de advertencia, etc. Maskell et al. (2012) citado por Fullerton (2013), mencionan que los sistemas visuales ayudan a garantizar la entrega a tiempo de productos de calidad que cumplan con las especificaciones y demandas de los clientes.

Además, Fullerton (2013) señala que la medición del rendimiento de forma visual proporciona objetivos, metas, y la retroalimentación de una manera simplificada, por lo que la información sea hace más potente y fácil de procesar para los trabajadores. Esto conlleva a que los empleados pueden participar efectivamente en la toma de decisiones de manera rápida y oportuna, lo que facilita el logro de los objetivos inherentes a la manufactura esbelta.

Galsworth (2004) citado por Kattman (2012), caracteriza un lugar de trabajo visual como "auto ordenado, auto explicativo, auto regulado, y es un ambiente de auto mejora, donde lo que se supone que sucede a tiempo, en todo momento, debido a los dispositivos visuales". Para construir un lugar de trabajo visual se discuten 8 aspectos importantes, estos impulsan de manera efectiva esta práctica, a continuación se mencionan (Vinas, 2006), citado por (Kattman et al. 2012):

- 1.- Las personas deben de ser guiadas (introducir el deseo de hacer mejoras).
- 2.- Establecer normas.
- 3.- Responder a 6 preguntas básicas ¿Qué? ¿Cómo? ¿Cuándo? ¿Dónde? ¿Cuántos? ¿Quiénes?
- 4.- Eliminar déficit de información.
- 5.- Reducir o eliminar movimientos (caminar, buscar, manipulación, preguntar, etc.).
- 6.- Mantener trabajo de valor añadido.
- 7.- Proporcionar información para que la gente observe el valor de su trabajo (donde se ha trabajado o qué valor añadió).
- 8.- Auditar los métricos por personal externo.

#### 2.5.6.4 Trabajo estandarizado

Instrucción de Trabajo, Trabajo Estándar o procedimiento estándar operativo es el método de repetición efectiva resultante de la combinación de mano de obra, materiales, maquinaria y métodos (Rahani & al-Ashraf 2012). En otras palabras, de acuerdo con Rivera y Manotas (2013), se refiere a la documentación de los procesos operativos con el fin de llevarlas a cabo de la misma manera, es decir, indica claramente el contenido, la secuencia, el momento y el resultado de todas las acciones de los trabajadores (Acharya 2011).

La estandarización de procesos se logra con hojas de trabajo normalizado que describen los pasos para cada proceso (Stump & Badurdeen 2012). Acharya (2011) menciona que esto elimina la variación en la forma que los trabajadores realizan sus tareas y por lo general reduce el tiempo que se necesita para realizar las operaciones (Rivera & Manotas 2013). Trabajo estandarizado incluye una forma diferente de pensar, que motiva a toda la organización para trabajar de forma más eficiente y ofrecer una mayor calidad a menor costo (Johansson et al. 2013).

Mac Innes (2002), citado por Johanssson (2013), define ocho pasos para desarrollar un trabajo estandarizado:

1. Establecer equipos de mejoramiento.
2. Determine el tiempo de procesamiento.
3. Determine el tiempo de ciclo.
4. Determine la secuencia de trabajo.
5. Determinar la cantidad estándar de trabajo.
6. Preparar un diagrama de flujo del trabajo estándar.
7. Preparar una hoja de operaciones estándar.
8. Mejorar continuamente las operaciones normales.

Además Glover (2011) expone que las técnicas de trabajo estándar a menudo incluyen la integración de las mejores prácticas, la actualización de la documentación, y la implementación de las señales visuales; por lo tanto, estas técnicas pueden apoyar los esfuerzos de la operación estándar. Por lo tanto una de

las partes más importantes del concepto de trabajo estandarizado es hacer mejoras continuas. Este último término está relacionado con la palabra Kaizen.

Kaizen, es también una de las partes más importantes del trabajo estandarizado (Johansson et al. 2013).

#### **2.5.6.5 Kaizen**

Kaizen, significa mejora continua (Bhaskaran 2012; Das, Venkatadri & Pandey 2013; Singh & Chauhan 2013; Vinodh, Arvind & Somanaathan 2011). De acuerdo con Cehlár et al. (2011), es el método más conocido de mejora permanente que se basa en el pensamiento creativo de los empleados. Por su parte Das (2013), explica que Kaizen proporciona un marco de trabajo para que las personas se involucren en el esfuerzo de mejorar continuamente. La participación de las personas se consigue al motivarlos a proponer ideas para la mejora e implementación sistemática y sobre todo, para sostener esas ideas. Bajo este esquema, todo el mundo puede sugerir una idea de mejora y todas las buenas ideas son recompensadas por el reconocimiento de su participación en la forma adecuada. Inclusive las ideas no tan brillantes ayudan a efectuar cambios positivos, sirviendo como base para desarrollar mejores.

Por su parte, Vinodh (2011) argumenta que, Kaizen facilita eventos rápidos de mejora de procesos. Ayuda a reducir los desperdicios de materiales y la contaminación, que puede dar lugar a riesgos a la salud y seguridad de los trabajadores si no se gestionan adecuadamente. El objetivo final es crear un sistema de gestión del cambio para maximizar los beneficios de reducción de desperdicios y encontrar oportunidades para mejorar.

Mientras que, Bhaskaran(2012), Singh y Chauhan (2013) exponen que Kaizen exige interminables esfuerzos por mejorar, invitando a todos y cada uno en la organización a participar. Menciona que hacer pequeñas cosas cada día, define la mejora Kaizen, lento y gradual pero constantemente desarrollando e implementando mejoras en cualquier área con el propósito de eliminar o reducir los desperdicios y mejorar la satisfacción del cliente. La resolución de problemas bajo el concepto Kaizen es visto como un enfoque multifuncional, sistemático y colaborativo. Todas

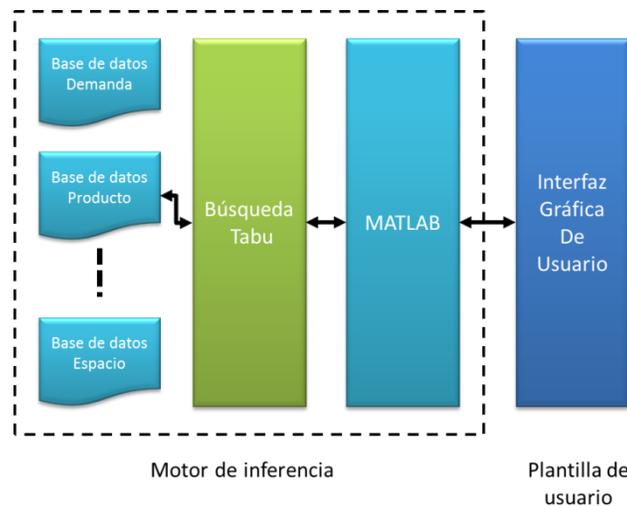
las operaciones de la organización son objeto de mejora, y el enfoque de Kaizen es que nada ha mejorado lo suficiente como para dejar de mejorarla. El objetivo de Kaizen es la reducción de costes mediante la eliminación de los desperdicios en todos los niveles del proceso de fabricación (Bhaskaran 2012) y tomando en consideración siempre el costo-beneficio de cada una de las mejoras.

En la actualidad los eventos Kaizen, son un mecanismo de mejora. De acuerdo con Farris et al. (2008), citado por Glover (2011), un evento Kaizen, es un proyecto de mejora enfocado y estructurado, utilizando un equipo multifuncional dedicado a mejorar áreas de trabajo específicas, con objetivos específicos, en un marco de tiempo acelerado. Por último, toda actividad que se utiliza durante el método Kaizen para eliminar el desperdicio se debe integrar en el ciclo PDCA y al mismo tiempo, cada actividad debe conducir a la mejora permanente (Cehlár, Teplická & Szabo 2011).

## **2.5 Estudios previos**

El problema de distribución del almacén que expone Nehzati (2011), implica la asignación de diferentes tipos de productos a determinadas zonas de manera que el costo del manejo de materiales pueda ser minimizado. En este estudio, el modelo heurístico propuesto adoptó búsqueda Tabu para encontrar el diseño adecuado distribución del almacén, con el propósito de apoyar a los gerentes con el procedimiento de toma de decisiones, elaboró una plantilla de usuario diseñada en hojas de cálculo de Microsoft Excel, utilizando Visual Basic para generar una interfaz gráfica, vinculados con MATLAB, se integraron para permitir a los empleadores de almacén para manipular distribución de las instalaciones de forma optimizada, mientras que el nivel de inventario o la demanda de productos se enfrenta a la fluctuación, en otras palabras, se desarrolla una hoja de cálculo de decisión basada en sistema de apoyo en el que el usuario especifica el área del almacén por la altura y el número de estantes, coloca los muelles alrededor del almacén y da la frecuencia de su uso, proporciona la demanda y la superficie requerida por tipo de producto. Entonces, el problema se resuelve para encontrar la ubicación adecuada de cada

tipo de producto para el mínimo costo de manejo de materiales. El sistema de apoyo a las decisiones propuesto por esta investigación se describe en la figura 2.3.



**Figura 2.3.** Esquema del sistema de apoyo a la toma de decisiones (Nehzati, Rashidi-Bajgan & Ismail 2011).

En la figura 2.3 se observa que el motor de inferencia, que desempeña el papel principal en el modelo desarrollado, contiene bases de datos, el algoritmo de búsqueda Tabu, y el cuerpo de la programación. El usuario proporciona los datos necesarios para la base de datos por medio de la plantilla de usuario gráfica.

Este sistema de apoyo a las decisiones fue validado al solucionar el problema que se presenta en el trabajo de Queirolo et al. (2001), en el cual se utilizó un algoritmo genético para plantear propuesta solución. Los resultados de ambos se compararon y se observó que el algoritmo de búsqueda Tabu tiene mejores soluciones que el algoritmo genético, especialmente en los casos de almacenes de gran tamaño. Además, generalmente el algoritmo genético requiere más tiempo que el algoritmo de búsqueda Tabu.

En general, la aplicación de Manufactura Esbelta (ME) se inicia con el desarrollo de mapas de cadena de valor. Sin embargo, se ha encontrado que el mapeo de flujo de valor (VSM) sufre de varios inconvenientes. Por lo tanto, los investigadores han sugerido el uso de la simulación junto con VSM. El estudio realizado por Anand y Rambabu (2011) se centra en una organización que cuenta con un sistema de producción de taller de trabajo para la fabricación de puertas y ventanas, la demanda

de estos productos está aumentando. A medida que el mercado está incrementando, la organización tiene que competir no sólo con industrias similares, sino también con los fabricantes locales, que hacen que las puertas y ventanas de madera. Primeramente, como punto de partida, los empleados de la organización fueron capacitados sobre herramientas y técnicas de 5's, Kaizen, VSM, muda (desperdicios), etc. Un punto importante a destacar en este estudio es que la simulación no es para fines de optimización. Más bien, es para dar una idea a los gerentes de la organización, una perspectiva en tiempo real de "cómo la organización estará después de la aplicación de los elementos de ME y de cómo estas herramientas y técnicas afectarán a las medidas de desempeño de la organización." Los modelos, tanto para el estado actual y el estado futuro son simulados durante 30 días para representar la producción de un mes. Para comparar estos dos modelos, se identificaron diferentes medidas de rendimiento, además sirvieron para cuantificar el grado de las mejoras.

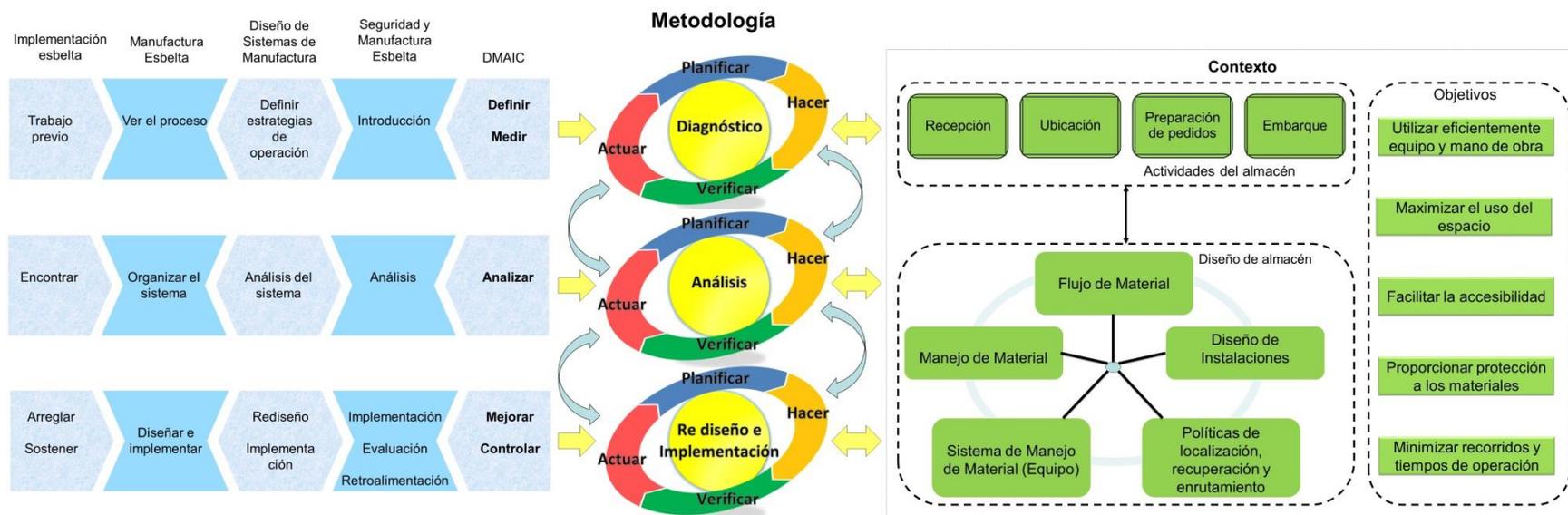
De los resultados que se pueden lograr, destacan la reducción en la distancia de desplazamiento, el nivel de inventario se pudo reducir drásticamente en un 76% en promedio y la producción de ventanas puede incrementar en un 28.6%. Para obtener estos beneficios, los ingenieros tienen previsto implementar los siguientes elementos: VSM, la simplificación de procesos, balanceo de línea, diseño de instalaciones, la reducción de espacio de trabajo, entre otros.

### 3. METODOLOGÍA

En este capítulo, se presenta una descripción de la secuencia de actividades, herramientas y técnicas que se aplicarán para lograr los objetivos planteados en el primer capítulo. La metodología se divide en dos secciones, la primera comprende de 3 etapas: diagnóstico del almacén, análisis de la información y rediseño e implementación de las propuestas solución. A nivel general, el propósito de la investigación es a nivel exploratorio, ya que se desea examinar este tema, el cual es poco estudiado; como se menciona en el capítulo 2, no existen estudios, ni una metodología definida y aceptada para tratar la gestión de almacén de manera integral. Pero dentro de las etapas, se tienen pasos, en los cuales el propósito de la investigación es a nivel correlacional, es decir, conocer la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto particular. Se trata de predecir un valor aproximado que tendrá una o un grupo de variables, a partir del valor que poseen las variables relacionadas (Hernández, Fernández & Baptista 2010). La segunda sección son los pasos específicos de las herramientas o combinación de las herramientas que se utilizarán, las cuales complementan a la primera sección.

La base de esta metodología se fundamenta en la integración de un conjunto de métodos y pasos fundamentados en la literatura. Como cimiento esta de referencia el trabajo hecho por Baker y Cannesa (2009), quienes resumen los pasos para el diseño de almacén de varios artículos publicados desde 1976 hasta el 2006, por medio del análisis de una ardua investigación. Por otra parte, están los pasos a seguir más específicos acerca de la planeación y diseño mencionados por Geraldés et al. (2012), entre otras investigaciones que contienen una secuencia de acciones que analizan y mejoran las actividades relacionadas con implementación de manufactura esbelta (Green, Lee & Kozman 2010; Ikuma, Nahmens & James 2011; Rahani & al-Ashraf 2012; Rajenthirakumar, Sridhar & Janani 2013; Rivera & Manotas 2013), el flujo (Caputo & Pelagagge 2008; Villarreal & Del Roble 2011) y manejo de material (Abdul, H. N. H. et al. 2012).

Además en algunas investigaciones (Rajenthirakumar, Sridhar & Janani 2013) relaciona estas acciones con las etapas del proceso DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar, por sus siglas en inglés), una metodología generalizada enfocada a mejorar la calidad, incrementar la eficiencia, reducir costos; que se puede aplicar en la educación y medicina (Sellers et al. 2013), gestión del conocimiento (Lin, C. et al. 2013), procesos logísticos (Mantilla & Sánchez 2012) y procesos de manufactura y calidad (Sahoo, Tiwari & Mileham 2008). Para una mejor comprensión de las filosofías y métodos de la literatura se presenta un resumen en la figura 3.1.



**Figura 3.1.** Fundamentos de la literatura para el establecimiento de la metodología. Elaboración propia.

En el lado izquierdo de la figura 3.1, se mencionan los distintos métodos generalizados utilizados en la industria para la resolución de problemas, mientras que por el lado derecho, se visualiza el contexto (actividades, objetivos y aspectos a considerar) al que se enfrentan los distintos procedimientos al tratar de dar solución a los problemas de almacén.

En el área central se encuentra las etapas de la metodología a seguir, la cual debe contemplar los elementos antes mencionados de la figura 3.1.

Dentro de las herramientas y técnicas que se emplean en la etapa 1 se incluye: la observación, estudio de tiempos (Al-Saleh 2011), mapas de cadena de valor (Acharya 2011; Jeyaraj et al. 2013; Vendan & Sakthidhasan 2010), diagrama de flujo, entre otras. Clasificación ABC (Chan, Felix T. S. & Chan 2011; Errasti, Chackelson & Poler 2010; Teunter, Babai & Syntetos 2010; Yu 2011), análisis de distancia de recorridos (Galindo & Tapia 2008), planeación sistemática de la distribución (Galindo & Tapia 2008; Lin, Q.-L. et al. 2013), y análisis Kanban (Naufal et al. 2012) se utilizan en la etapa 2. En la última etapa se usa 5's, estándar de trabajo, diseño de instalaciones, balanceo de líneas (Fazlollahtabar, Hajmohammadi & Alireza 2011; Jolai, Jahangoshai & Vazifeh 2009), entre otras, y herramientas de optimización con un enfoque de aproximación, como los algoritmos heurísticos (Gamberi, Manzini & Regattieri 2009; Kulak, Sahin & Taner 2012; Nehzati, Rashidi-Bajgan & Ismail 2011). En la figura 3.2 se resume la metodología.

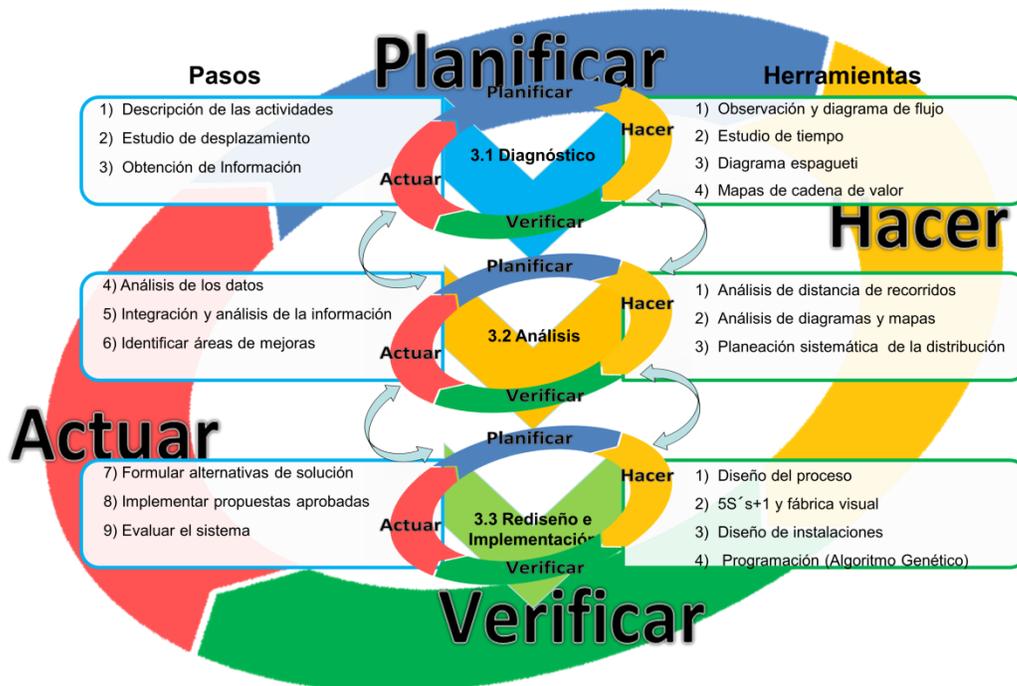


Figura 3.2. Metodología propuesta. Elaboración propia.

Como se observa en la figura 3.2, cada paso dentro de cada etapa se integra al ciclo Deming, pero también se integra al ciclo Deming cada etapa, porque conforme se va avanzando nuevas necesidades, oportunidades de mejora o problemas surgen.

### 3.1 Diagnóstico del almacén

La primera etapa es hacer un diagnóstico que permita comprender la situación actual del flujo de materiales e información, esta etapa consiste principalmente en la recopilación de información, para ello se utilizarán diversas técnicas.

A continuación se detallan cada uno de los pasos a llevar a cabo en la etapa de diagnóstico.

#### **Paso 1 Descripción de las actividades en cada proceso.**

**Objetivo.-** Conocer todas las actividades principales y secundarias que se realizan en los procesos dentro del almacén, especialmente las que estén relacionadas con el manejo de material.

**Procedimiento.-** En esta paso se hace una revisión de los procesos generales del almacén, los cuales son recepción, inspección, preparación de pedidos.

*Actividad 1.1* Observar cada proceso de tres a cinco jornadas de trabajo. Se debe de estar en la jornada completa para identificar las responsabilidades que se tienen. Dentro de cada proceso laboran diferentes personas, quienes en ocasiones tienen distintas asignaciones, por lo tanto, mínimo se debe de observar un día a cada trabajador.

*Actividad 1.2* Identificar las labores principales o rutinarias de las labores secundarias o esporádicas. Al finalizar la observación de cada proceso se deben de discriminar las actividades que se realizan, con el propósito de centrarnos en las que normalmente hace el trabajador.

*Actividad 1.3* Realizar un estudio de tiempos. Para cada proceso se hace un estudio de tiempos, donde se determina el valor agregado en promedio para cada operación.

*Actividad 1.4* Identificar los desperdicios. Una vez que se ha observado el proceso, se han identificado las actividades y se ha establecido un tiempo promedio para cada

operación, se puede hacer un análisis de cada estación de trabajo para identificar los desperdicios y que tanto tiempo consume cada uno.

**Herramientas de apoyo.-** Diagrama de flujo, esto ayudará a entender la secuencia, tiempo del valor agregado y desplazamientos de las actividades ejecutadas en el almacén.

**Resultados.-** El resultado tangible es un diagrama de flujo para cada proceso o subproceso del almacén y el tiempo promedio de valor agregado para cada operación que se realiza.

## **Paso 2 Estudio de desplazamiento en cada proceso.**

**Objetivo.-** Establecer la distancia promedio diario que un almacenista recorre en cada proceso al realizar sus responsabilidades laborales.

**Procedimiento.-** En este paso se trata de visualizar gráficamente los recorridos que se efectúan en el almacén, en especial cuando se traslada material.

*Actividad 2.1* Elaborar un plano de las instalaciones del almacén. Con una cinta de medir manual y un láser de medición digital, tomar las dimensiones de distancia de la infraestructura y mobiliario. Plasmar las mediciones en un plano, identificando cada estación y área de trabajo.

*Actividad 2.2* Trazar en el plano los recorridos de cada proceso u operación. Utilizando como base el paso 1, dibujar los recorridos que efectúa cada almacenista al realizar sus responsabilidades, así como calcular la distancia en cada recorrido. Para el proceso de preparación de pedidos, en el subproceso de recolectar los materiales de una orden, los recorridos se obtendrán al tomar pedidos al azar de cada familia de producto y los desplazamientos se pintaran en el plano conforme se vaya adquiriendo el material a lo largo de la ruta que seguirá el almacenista.

*Actividad 2.3* Establecer la distancia promedio de cada operación. Utilizando como base el paso 1 y la actividad 2.2, se trata de determinar el recorrido promedio que cada operador viaja en su jornada laboral. En el caso de preparación de pedidos, la media del recorrido por cada material recolectado se obtendrá sumando cada distancia entre cada punto que hay en las ordenes seleccionadas al azar y dividiendo

entre el número de datos, después se hará una estimación diaria de la cantidad de transacciones que se realizan para cada familia de productos con información histórica de seis meses.

**Herramientas de apoyo.-** Plano de distribución de las instalaciones que servirá como base para los estudios posteriores, como ejemplo, será la base para elaborar el diagrama espagueti, para visualizar gráficamente los recorridos. Microsoft Excel y estadística descriptiva para las estimaciones de recorridos.

**Resultados.-** En los resultados se espera obtener el plano de las instalaciones, el diagrama espagueti y los valores de los recorridos promedios tanto de los procesos como de algunas operaciones en particular (recolección de material).

### **Paso 3 Obtención de Información de la base de datos de la empresa.**

**Objetivo.-** Entender el funcionamiento del sistema de información y la base de datos que maneja la organización con la finalidad de obtener los datos apropiados.

**Procedimiento.-** Para comprender el funcionamiento se preguntará a cada trabajador relacionado directamente o indirectamente con el manejo de material en el almacén sobre el sistema de información. Directamente se encuentra los almacenistas, indirectamente están las jefas de líneas, los controladores de producción y tráfico de aduanas.

*Actividad 3.1* Conocer el sistema de información. Para conocer el sistema lo primero que se debe de hacer es solicitar permisos e identificación para poder ingresar, esto es un trámite que tardará de una a dos semanas por lo que se empezará a realizar en el paso 2. Después de pregunta al personal antes mencionado sobre los códigos que utilizan para ingresar a la parte del sistema que les corresponde y una breve descripción de lo que hacen en cada operación.

*Actividad 3.2* Investigar a detalle cómo se realiza cada operación en el sistema de información.

*Actividad 3.3* Realizar hojas de procesos para cada operación. Con la información anterior se elaborará las hojas de procesos correspondientes.

*Actividad 3.4* Investigar sobre los reportes del sistema de información. Con el conocimiento que se ha adquirido de los actividades anteriores, lo siguiente es indagar sobre los reportes que estén disponibles en el sistema, y como los datos que se ingresan en cada reporte se ven reflejados.

*Actividad 3.5* Seleccionar los reportes que se utilizaran. Se deben de establecer criterios para elegir la información que se obtendrá del sistema de información y la base de datos.

**Herramientas de Apoyo.-** Las herramientas en este paso son básicamente la revisión del sistema de información de la organización y las hojas de procesos de cada operación que nos permitirá cumplir con el objetivo.

**Resultados.-** Se espera encontrar con reportes adecuados en el sistema de información y la elaboración correcta de las hojas de procesos.

## **3.2 Análisis de la información**

Una vez recopilada la información, el siguiente paso es hacer un análisis con el fin de identificar áreas de oportunidad en los procedimientos de trabajo, en la comunicación entre los sistemas de información y la distribución del almacén. Después se construye un plan de trabajo que indique de manera detallada quiénes son los responsables de dar seguimiento a cada oportunidad identificada, las acciones que se tienen que realizar y las fechas de entrega de reportes. A continuación se detallan cada uno de los pasos a llevar a cabo en la etapa de análisis.

### **Paso 4 Análisis de los datos del sistema de Información.**

**Objetivo.-** Tratar la información de los reportes obtenidos de la base de datos que permita conocer las cantidades de los materiales que ingresan al almacén, los tiempos en que estos tardan en ser procesados, las frecuencias de uso, entre otras.

**Procedimiento.-** Antes de analizar la información es importante ponerla en un formato adecuado para su estudio, después de algún modo se debe de cruzar la información de los distintos reportes que ofrece el sistema de información, para finalizar se hace el análisis correspondiente.

*Actividad 4.1* Seleccionar los parámetros. Posiblemente para cada operación existe un reporte, por ejemplo, en el área de recepción, cada vez que se ingresa un material queda registrado la hora, el destino al que se dirige, entre otras. Por lo tanto, para cada una se debe de elegir los criterios que se utilizarán para analizar la información.

*Actividad 4.2* Dar formato a los reportes. Para cada reporte es necesario proporcionar un formato adecuado que permite realizar las funciones correctamente en el software de Microsoft Excel.

*Actividad 4.3* Cruzar la información de los reportes correspondientes. Los distintos reportes tienen información específica sobre una operación, para este estudio es necesario unir una gran cantidad de datos de un reporte con otro, para esto se utiliza la función “buscarv”.

*Actividad 4.4* Obtener resultados deseados de cada combinación de reportes. Mediante el uso de tablas dinámicas, filtros y funciones del Excel (por ejemplo, promedio, desviación, entre otras), se obtienen los resultados esperados.

**Herramientas de apoyo.-** En este paso solo se hace uso del software de Microsoft Excel, de tablas dinámicas, filtros, y funciones que permitirán lograr el objetivo.

**Resultados.-** Los resultados que se esperan obtener son una serie de indicadores que nos permitirán entender el funcionamiento del almacén.

## **Paso 5 Integración y análisis de la información recolectada.**

**Objetivo.-** Visualizar la información obtenida con un enfoque sistemático mediante la integración de los resultados utilizando distintas herramientas que permita comprender las relaciones y actividades del almacén que funciona como una unidad de trabajo.

**Procedimiento.-** Seleccionar herramientas que puedan integrar los distintos resultados, para ello es necesario agrupar la información con características similares.

*Actividad 5.1* Clasificar los resultados de cada paso. De acuerdo con las características de la información, se agruparán a las similitudes de las propiedades de los datos.

*Actividad 5.2* Selección de una herramienta para cada grupo de datos. Con respecto a cada grupo de información se seleccionará un instrumento que permita integrar la mayor cantidad de información.

*Actividad 5.3* Integrar el grupo de datos en la herramienta seleccionada. Seguir el método para la elaboración de cada herramienta colocando la información correspondiente.

*Actividad 5.4* Análisis de cada herramienta elaborada. Cada instrumento tiene una finalidad. De esto se derivan una serie de metas y objetivos, lo que conlleva la elaboración o adquisición de una serie de indicadores, entre otras. De la misma manera se desarrolla el análisis correspondiente para cada herramienta.

**Herramientas de apoyo y resultados.-** Las herramientas de apoyo y los resultados varían dependiendo de los instrumentos que se elegirán, así como el análisis que se desarrolla en cada uno, el resultado más importante es que se establecen indicadores. Por ejemplo, mapa de la cadena de valor tiene finalidad de integrar e identificar todas las actividades y cómo estas se interrelacionan; clasificación ABC que ayuda a decidir sobre qué materiales son de mayor valor para la organización y necesitan tener más control.

## **Paso 6 Identificar áreas de mejoras y plan de trabajo.**

**Objetivo.-** Identificar áreas de oportunidad en los procedimientos de trabajo, en la comunicación entre los sistemas de información y la distribución del almacén, y construir un plan de trabajo para dar seguimiento a cada área de oportunidad reconocida.

**Procedimiento.-** Del análisis anterior se debe de visualizar las áreas de mejora y una lista priorizada de estas, así como la elaboración un plan de trabajo que indique los responsables y fechas de reportes que permita proporcionar seguimiento.

*Actividad 6.1* Formar un equipo de trabajo. Es recomendable que el equipo de trabajo sea multidisciplinario.

*Actividad 6.2* Establecer reuniones de trabajo. Mediante las reuniones se le da seguimiento a las acciones.

*Actividad 6.3* Identificar áreas de oportunidad. La identificación de las oportunidades de mejora se desarrolla en todo momento, desde el inicio hasta el final del proyecto.

*Actividad 6.4* Elaborar un plan de trabajo. El plan de trabajo tiene la finalidad de asignar responsabilidad y dar seguimiento a las acciones.

**Herramientas de apoyo y resultados.-** La herramienta de apoyo y el resultado es una matriz que indica las necesidades, áreas de oportunidad y/o problemas, así como los responsables de dar seguimiento, las fechas de revisión de avances, y el estatus de la situación.

### **3.3 Rediseño**

Se formulan varias alternativas, cada una de las propuestas se detalla para después ser evaluadas con el fin de verificar la factibilidad y viabilidad de la implementación, las que se consideren apropiadas se desarrollan. Las alternativas que sean aprobadas para realizarse serán integradas en el plan de trabajo.

#### **Paso 7 Formular alternativas de solución para las áreas de oportunidad.**

**Objetivo.-** Plantear propuestas de solución para cada oportunidad de mejora identificada y desarrollar las que se seleccionen para su posible implementación.

**Procedimiento.-** Generar y evaluar varias alternativas para cada área del almacén, las que resulten viables de implementar o tenga un fuerte impacto positivo en los indicadores se deben de desarrollar, es decir, elaborar una estrategia que efectuar los cambios correspondientes.

*Actividad 7.1* Generar alternativas de solución. Las alternativas de solución son propuestas, acciones y/o proyectos que mitigarán las necesidades, áreas de oportunidad y/o problemas

*Actividad 7.2* Evaluar la factibilidad de cada propuesta. Estas alternativas se evalúan por el equipo multidisciplinario formado en el paso 6.

*Actividad 7.3* Evaluar las alternativas en aspectos del objetivo planteado de la presente investigación. Cada alternativa se debe de evaluar conforme al objetivo planteado acerca de agilizar la recepción, localización y suministro de materias primas, para ello se considera los tiempos de procesos, los tiempos entre las actividades, las distancias recorridas, la utilización del espacio, entre otras. Las propuestas factibles e impacten de manera positiva en los indicadores anteriores se integran al plan de trabajo.

*Actividad 7.4* Investigar y desarrollar las alternativas seleccionadas. Los responsables de implementar cada alternativa de solución deben de coordinar su equipo de trabajo para investigar, desarrollar e integrar los elementos necesarios para solucionar la necesidad o problema en cuestión.

*Actividad 7.5* Elaborar una estrategia para realizar los cambios poco a poco. Las alternativas de solución se deben de implementar con pequeñas acciones que suavicen la transacción.

## **Paso 8 Implementar propuestas aprobadas y comparar el valor de los indicadores.**

**Objetivo.-** Implementar y evaluar los resultados de las alternativas aceptadas por la alta dirección.

**Procedimiento.-** Cada propuesta que vaya siendo aprobada, será implementada poco a poco, y se irá registrando el resultado de los indicadores para verificar si realmente la propuesta ayuda o no al objetivo planteado.

*Actividad 8.1* Implementar la propuesta de solución. Integrar a todo el equipo de trabajo y los empleados que participarán en la implementación.

*Actividad 8.2* Registrar el valor de los indicadores. Registrar por períodos de tiempos los resultados obtenidos.

*Actividad 8.3* Evaluar los resultados obtenidos. Después de cada cierto período de tiempo se deben de evaluar los resultados obtenidos, esto ayudará a motivar a seguir

con los cambios en caso de que sean resultados positivos, o a modificar las propuestas o estrategias en caso de que sean resultados negativos. Para algunas comparaciones será necesario efectuar prueba de hipótesis con el objetivo de validar que existe o no cambios en los indicadores.

*Actividad 8.4* Identificar barreras y facilitadores. Mediante auditorías o reuniones visualizar que es lo que ha ayudado a implementar la propuesta, y que está impidiendo que se implemente adecuadamente.

*Actividad 8.5* Dar seguimiento. Es una de la parte más importante ya que en las organizaciones, los empleados se saturan de trabajo diario y no dejan tiempo para implementar cambios o proyectos de mejora, el analista de mejora continua tiene que estar en constante comunicación con las personas a las que se les asignó responsabilidades y semanalmente solicitar estatus del avance.

## **4. IMPLEMENTACIÓN**

La implementación de la metodología propuesta es aplicar una serie de herramientas y métodos que se integran para agilizar el flujo de material e información. La primera parte de la implementación, el diagnóstico, consumió relativamente mucho tiempo ya que en un principio el departamento de almacén no contaba con indicadores, con procesos documentados, no había antecedentes de proyectos, era un campo de investigación virgen. Además como se menciona en la metodología, todas las etapas están integrando al ciclo Deming, es decir, el diagnóstico del sistema del almacén no se ha dejado de hacer, cada cierto período de tiempo se tiene un nuevo estado, al cual hay que conocer y comprender. Para esto la siguiente etapa es indispensable, el análisis, donde se le trata de dar sentido a los datos y la información. Como continuamente se está verificando el sistema del almacén, también se está analizando la información. Tanto el diagnóstico y el análisis sirven de referencia para la siguiente etapa, rediseño e implementación, se trata visualizar áreas de oportunidad, necesidades o problemas que existen dentro de un departamento, las cuales son tema de discusión de un equipo de trabajo multidisciplinario que debe de proponer acciones y/o alternativas de solución que contribuyan a mejorar el flujo.

### **4.1 Diagnóstico del almacén**

La primera etapa fue la realización un diagnóstico que permitió conocer y comprender la situación actual del flujo de materiales e información. El primer paso que se efectuó, fue conocer las actividades principales y secundarias que se realizan en el almacén, enfocándose en las relacionadas con el manejo de material.

Cada proceso se observó una semana, con el propósito de familiarizarse con el trabajo que se realiza. En cada área del almacén, se discriminó las actividades principales e importantes de las secundarias. Los procesos del almacén que se contemplan son: recepción de material, almacenamiento, inspección del material, y preparación de pedidos. El proceso de recepción se describe en la figura 4.1, lo enmarcado es la parte que se controla en el almacén.

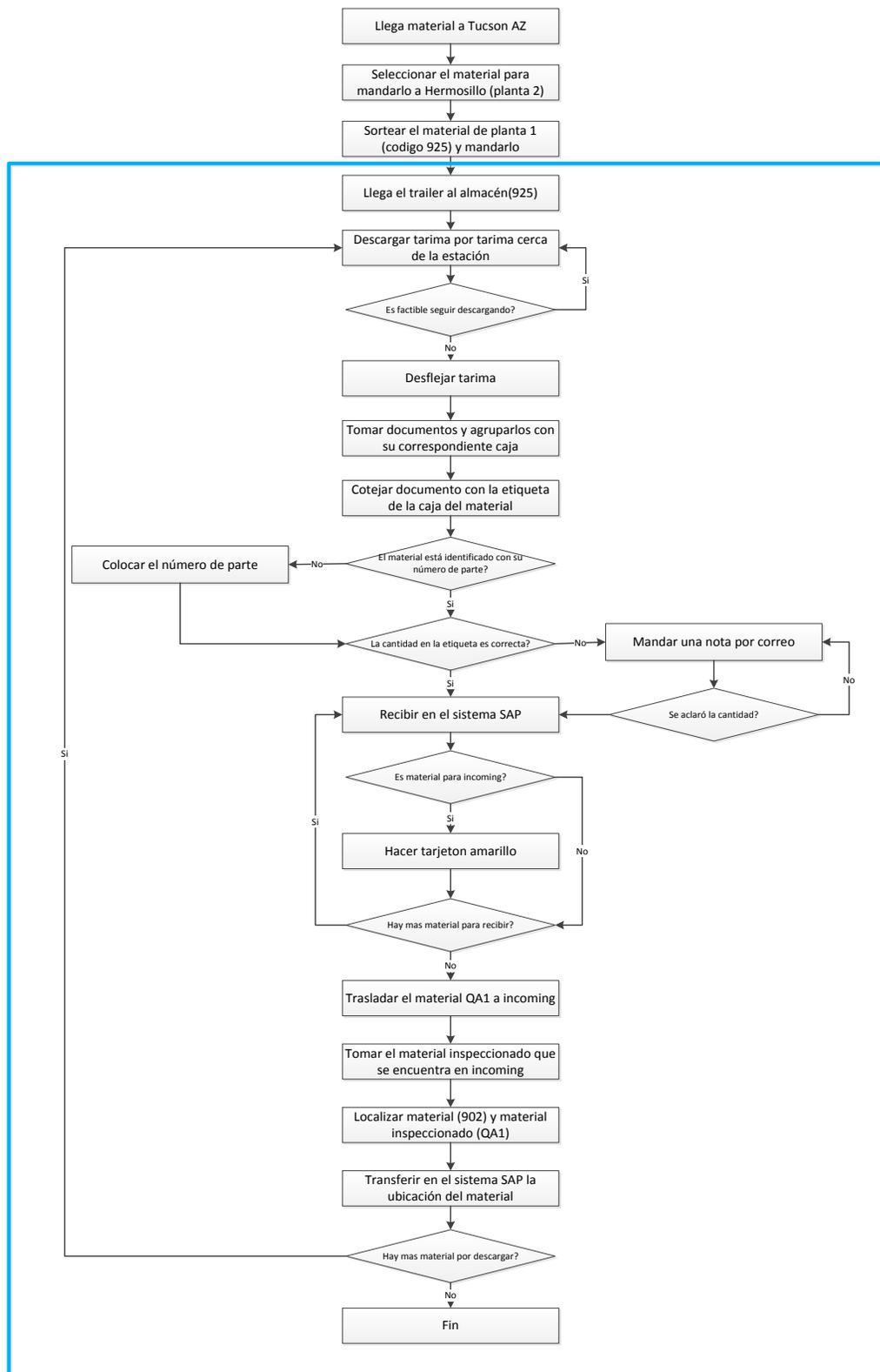


Figura 4.1. Diagrama de actividades del proceso de recepción y almacenamiento.

Las actividades que competen al presente documento inician desde que se descarga el tráiler en el almacén de la planta 0925. Una vez que se ha descargado el tráiler, el almacenista procede a desflejar las tarimas. Las tarimas o “skid 100” (nombrada de esta manera por los almacenistas) contiene la documentación de todos los materiales, estos documentos se separan y agrupan con el material correspondiente. Se debe cotejar que la papelería y la etiqueta de la caja contengan la misma información (el número del material, la cantidad, entre otros).

Después se procede a recibir el material en el sistema, donde al finalizar arroja un dato, este código puede ser 902 ó QA1. El código 902 significa que el material está listo para ubicarse de manera aleatoria en el almacén, y QA1 significa que el material debe ser trasladado al área de inspección, además se le debe de hacer un tarjetón donde se coloca la información básica de material. La siguiente actividad es trasladar el material al área de inspección o ubicarlo dentro del almacén. Si el material se ubica, se debe de escribir el número de la localización para posteriormente ingresar esta información en el sistema.

El segundo proceso es la inspección del material, que se describe en la figura 4.2. Primeramente, la inspectora de calidad recoge todos los recibos de los materiales a inspeccionar. La materia prima puede provenir de dos partes, una es de otra compañía TE Connectivity (InterCo), y la otra de un proveedor externo. Si el material viene de una compañía hermana (InterCo), no se hace la revisión del material, únicamente efectúa la entrada y salida en el sistema, es un estándar corporativo, se pone la hora y fecha en el recibo, se pegan las etiquetas y demás procedimiento obligatorio. Mientras que, si el material proviene de un proveedor externo, se tiene que imprimir el plano, donde dice las especificaciones que debe de tener, se debe de buscar el certificado sellado y firmado por el proveedor.

Todos estos materiales deben de contener un plan de inspección de calidad (QIP, Quality inspection plan, siglas en inglés), si el material es nuevo, es decir, que nunca había llegado ese número de parte al almacén con anterioridad, es necesario realizar un QIP. Para inspeccionar el material es necesario revisar las notas del plano y medir las características requeridas por el QIP. Si pasa las pruebas, se llenan los formatos

requeridos y se libera el material, de lo contrario se rechaza el material, se pone en un área especial, se le notifica al proveedor y se espera la disposición.

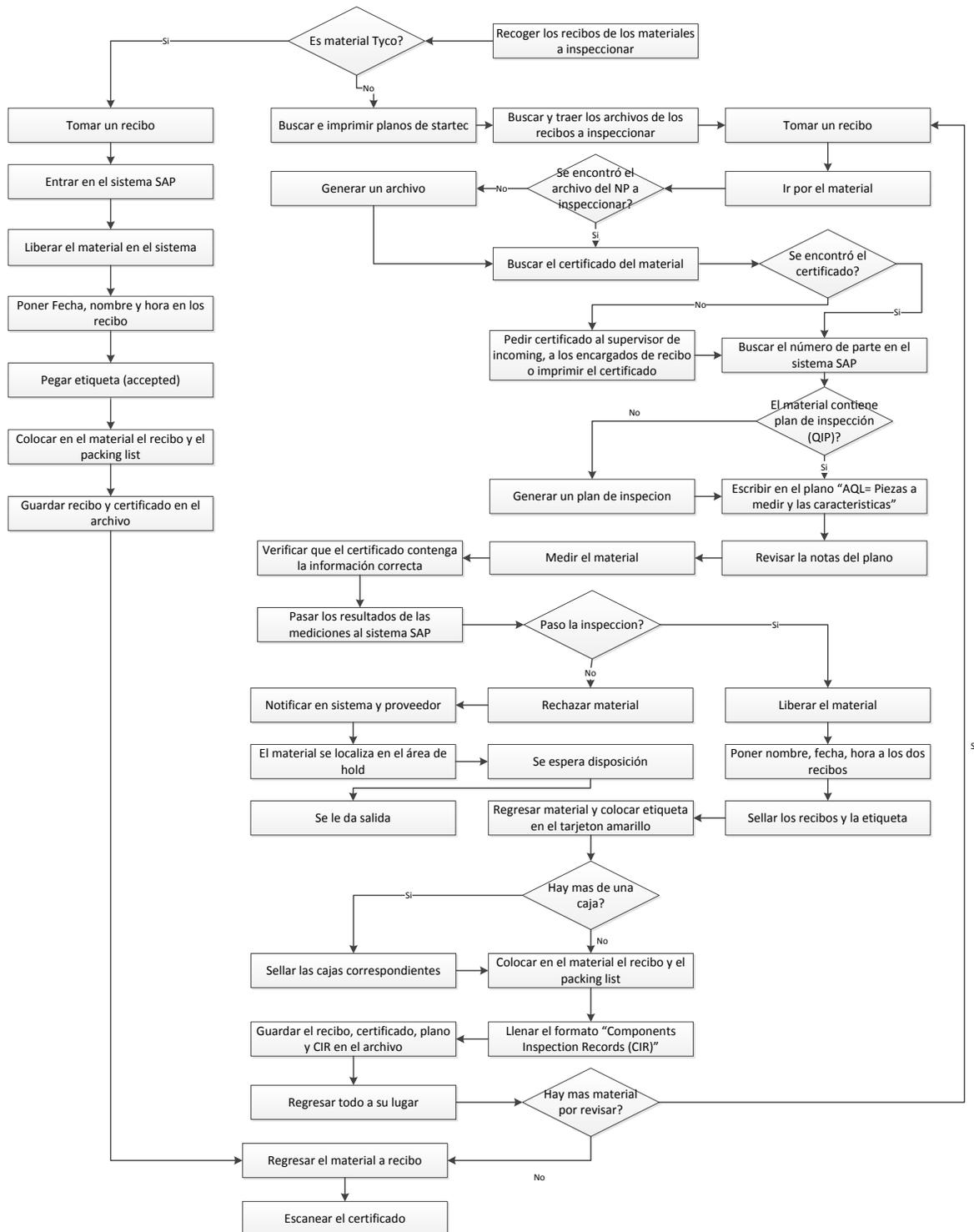
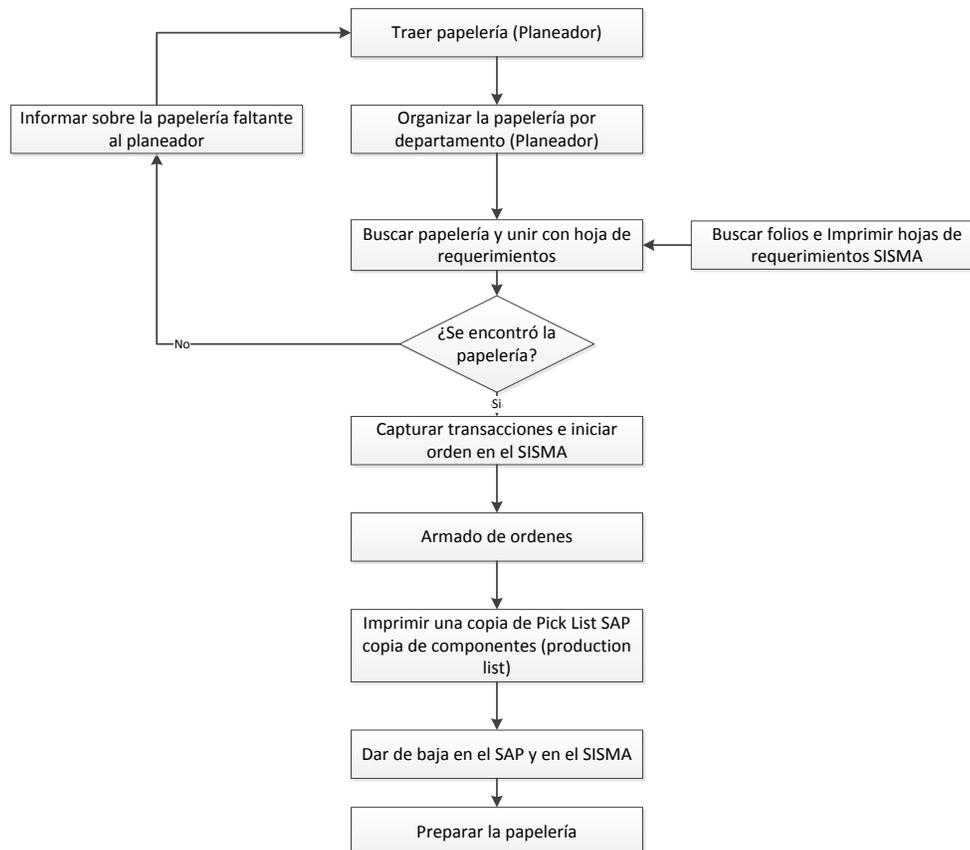


Figura 4.2. Diagrama de actividades del proceso de inspección.

El proceso de preparación de pedidos se divide en dos partes, una es preparación de órdenes de trabajo, y la otra es preparación de material adicional. La preparación de las órdenes de trabajo consiste en abastecer los distintos componentes que se requieren para elaborar la orden de trabajo correspondiente. La preparación de material adicional consiste en proveer a la línea de producción con uno o varios componentes que hicieron falta a la orden, dicho faltante es ocasionado por distintas razones, como por ejemplo, la línea de producción desperdició material, se presentaron errores y la orden quedó incompleta por las piezas rechazadas, el abastecimiento de material no se efectuó correctamente, entre otros.

En la figura 4.3 se describe la preparación de órdenes, el cual es el proceso más complejo del almacén.

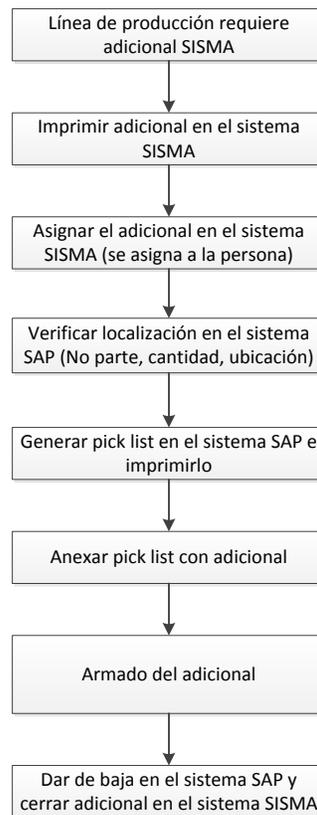


**Figura 4.3.** Diagrama de actividades del proceso de preparación de órdenes.

La preparación de órdenes inicia con el departamento de control de producción, el planeador reserva la materia prima requerida para una orden en el sistema SAP,

imprime la papelería de todas las órdenes, y las traslada al área de almacén. El almacenista entra a un sistema interno denominado “SISMA”, en este sistema imprime los folios que se requirieron por el área de producción, que son los que solicitan el material para empezar a trabajar. El almacenista une los folios con la papelería impresa por control de producción. En la papelería viene los materiales que se requieren, el almacenista tiene que contar cuantas transacciones (materiales) tiene cada papelería e ingresarlo en el sistema SISMA. Cuando el almacenista comienza a preparar la orden, primero la debe de iniciar en el sistema SISMA, después procede a armar la orden, y por último imprime una copia de la papelería, y finaliza la orden en el sistema SAP y SISMA.

En la figura 4.4 se describe la preparación de adicional



**Figura 4.4.**

**Figura 4.4.** Diagrama de actividades del proceso de preparación de adicionales.

El proceso de preparación de adicional es similar al de preparación de órdenes, la única diferencia es que en este proceso no participa control de producción, y las



El proceso de armado es complejo, dependiendo de las características del material se efectúan diferentes acciones, pero básicamente consiste en dirigirse a la ubicación del material, buscar la caja con el material y el lote correspondiente (el lotees una identificación para facilitar la trazabilidad), se recoge la cantidad requerida, se hacen las etiquetas y se regresa la caja a su lugar correspondiente.

Después de conocer las actividades que se realiza en cada proceso, se realizó un estudio de tiempos.

El estudio de tiempo en el almacén, es un poco diferente a medir una estación de trabajo, la razón principal es que en las actividades aparece una lista de problemas que surgen al momento de efectuar el trabajo, esto provoca un incremento de la variación y además cuando se está realizando una actividad, también puede surgir una prioridad que tiene que ser atendida.

En el proceso de recepción se obtuvo la siguiente información, ver tabla 4.1. La unidad de tiempo es minuto para las siguientes tablas.

Actividad	Media	Desviación	Frecuencia	Media* Frec	Tiempo Normal	T. Estándar
Descargar trailer	1.07	23	5	5.3	5.65	6.50
Deflejar tarima	13.97	108	2	27.9	29.61	34.05
Inicio SAP	1.38	11	2	2.8	2.93	3.37
Inicio Custom	4.72	37	2	9.4	10.00	11.50
Recibo en SAP	1.95	51	36	70.2	74.41	85.57
Etiqueta, papeleria y fecha	2.18	34	36	78.6	83.32	95.81
Etiqueta amarilla	1.00	6	16	16.0	16.96	19.50
Custom dar baja	0.47	4	36	16.8	17.81	20.48
Preparar apuntes y arnes	2.00	7	6	12.0	12.72	14.63
Transporte	2.83	16	6	17.0	18.02	20.72
Buscar	1.05	30	12	12.6	13.36	15.36
Descargar cajas en ubicación	1.75	84	12	21.0	22.26	25.60
Apuntar localización	0.67	34	36	24.0	25.44	29.26
Transferir en el SAP	0.4	17	36	14.4	15.26	17.55
Actividades secundarias	135	101	25	56.3	59.63	68.57
<b>Total</b>				328	348	400

**Tabla 4.1.** *Tiempos de las actividades de recepción y almacenamiento, en minutos.*

En la tabla 4.1 se muestra las actividades principales, el tiempo promedio en minutos, la desviación estándar, el número de observaciones, la frecuencia con que se realiza esta actividad, el tiempo normal, y el tiempo estándar. De lo anterior, se puede obtener el valor agregado, el cual se calculó con la sumatoria de todas las

actividades principales, y por determinación de la empresa también se incluye el tiempo de las actividades secundarias, entre el número de transacciones estimado. Para este proceso el valor agregado de recibir equivale aproximadamente 9 minutos, y el valor agregado de la ubicación equivale a 4.5 minutos por transacción. Quitando las actividades secundarias, el valor agregado corresponde a 8 y 3.5 respectivamente.

Actividades	Media	Desviación	Frecuencia	Media*Frec	T. Normal	T. Estándar
Recoger todos los recibos	4.88	0.73	1	4.88	5	6
Tomar recibo	0.12	0.05	12	1.40	1	2
Entrar en el SAP	0.72	0.45	12	8.60	9	10
Ir por el material	1.07	0.72	12	12.80	13	15
Buscar e imprimir planos	0.78	0.42	12	9.40	10	11
Buscar y traer lo archivos de los recibos	3.00	1.57	4	12.00	12	14
Buscar certificado en la caja	0.73	0.10	12	8.80	9	10
Marcar dibujo	0.60	0.25	12	7.20	7	8
Pedir un certificado	1.43	0.27	4	5.73	6	7
Escribir en el plano lo del QL, etc	0.40	0.13	12	4.80	5	5
Medir material y revisar notas del plano	11.97	4.15	12	143.60	149	164
Pasar los resultados al SAP	3.73	1.52	12	44.80	47	51
Liberar del sistema	1.10	0.62	12	13.20	14	15
Poner nombre, fecha y hora	0.75	0.22	12	9.00	9	10
Sellar recibos y pegar etiqueta	0.83	0.12	12	10.00	10	11
Pegar etiqueta sin sello	0.43	0.08	12	5.20	5	6
Colocar papelería en el material	0.45	0.22	12	5.40	6	6
Hacer Components Inspection records	1.33	0.53	12	16.00	17	18
Guardar recibo y certificado en el archivo	0.45	0.18	12	5.40	6	6
Regresar todo a su lugar	1.43	0.52	6	8.60	9	10
Generar QIP	13.07	2.60	2	26.13	27	30
Engrapado recibo y QIP	0.23	0.22	12	2.80	3	3
regresar el material a recibo	1.27	0.40	12	15.20	16	17
<b>Actividades secundarias</b>						
Preparación	1.57	0.97	3	4.70	5	5
Comunicación	1.13	0.83	10	11.33	12	13
Otras actividades	6.42	3.60	5	32.08	33	37
<b>Total</b>				<b>429.07</b>	<b>446.23</b>	<b>490.85</b>

**Tabla 4.2.** *Tiempos de las actividades de inspección de material, en minutos.*

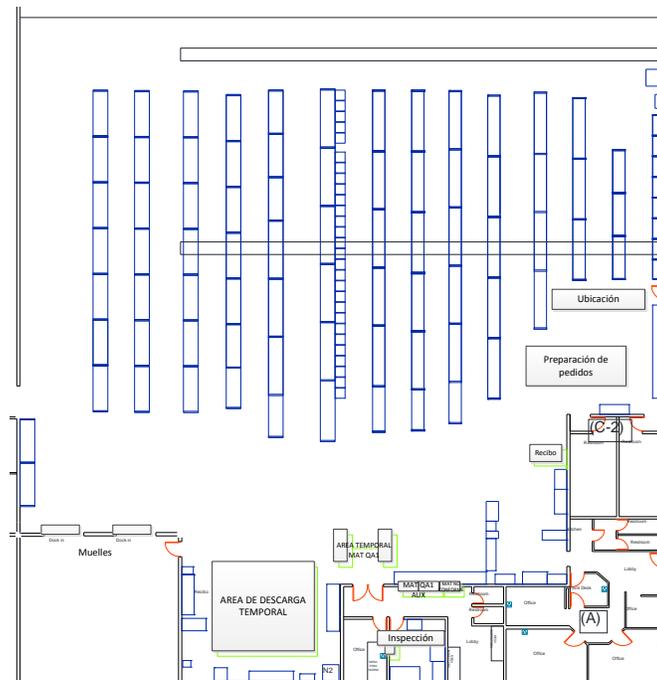
Este procedimiento también se realizó para el proceso de inspección, ver la tabla 4.2, para el proceso de preparación de pedidos, ver tabla 4.3. Para obtener el valor agregado, como se menciona anteriormente se divide en dos, conforme a la organización se incluye el tiempo de las actividades secundarias, para este caso el tiempo de VA para inspección es de 38 minutos, mientras que el tiempo de VA para preparación de pedidos es de 8 minutos por transacción. Por otra parte para efectos

teóricos, el tiempo de VA sin incluir las actividades secundarias es de 36.5 y 7 minutos respectivamente. El paso dos (estudio de desplazamiento) se divide, una sección incluye la distancia que recorre recepción, almacenamiento e inspección, y la otra sección se enfoca en la preparación de pedidos.

Actividad	Media	Desviacion	Frecuencia	Media*Frec	T. Normal	T. estandar
Captura e impresión	1.9	45.4	10.0	19.4	20.4	23.4
Encontrar caja	0.8	29.8	70.0	56.3	59.1	68.0
Hacer etiqueta	0.7	10.9	70.0	46.8	49.1	56.5
Pesar	2.4	55.0	45.0	107.5	112.9	129.8
Marcar y echar caja completa	0.6	17.9	5.0	3.0	3.2	3.7
Contar	0.8	14.5	20.0	15.0	15.8	18.1
Hacer etiqueta parcial	0.6	16.8	65.0	36.8	38.6	44.4
Armado de caja	1.1	24.1	15.0	16.4	17.2	19.8
Regresar cajas	0.8	3.7	20.0	16.5	17.3	19.9
Dejar en Tarima	1.0	30.2	10.0	10.1	10.6	12.2
Encontrar en la estacion	0.7	39.6	40.0	28.4	29.9	34.3
Cierre en el sistema	1.4	24.1	10.0	13.7	14.4	16.5
Preparar Tarima	1.0	5.8	5.0	5.0	5.3	6.0
Preparar papelería	2.8	66.6	10.0	27.9	29.3	33.7
Arnes y preparación	0.9	18.9	5.0	4.4	4.6	5.3
Actividades secundarias	8.6	276.1	8.0	68.5	72.0	82.8
<b>Total</b>				456.4		551.1

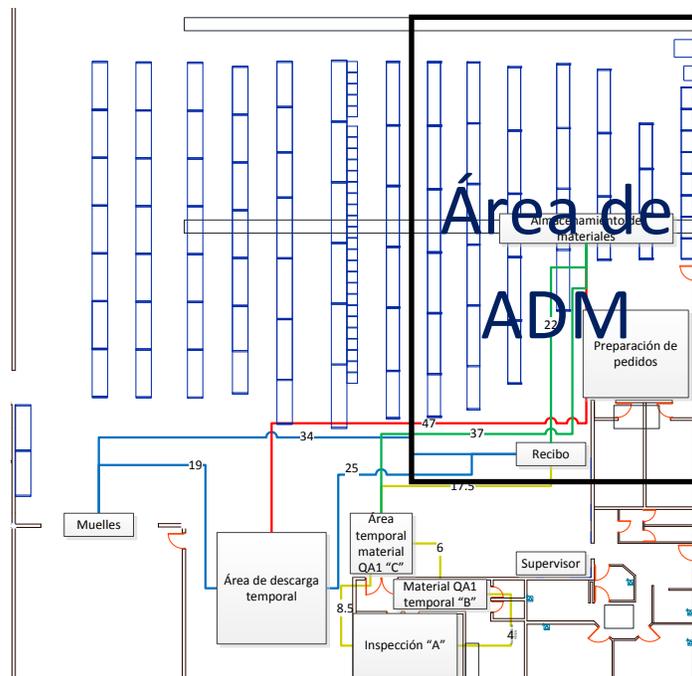
**Tabla 4.3.** *Tiempos de las actividades de preparación de pedidos, en minutos.*

Después se realizó el plano de las instalaciones del almacén, utilizando como herramientas de medición una cinta métrica y un láser de medición digital, se determinó que las unidades de medición serían metros. El plano obtenido se muestra en la figura 4.6.



**Figura 4.6.** Plano de las instalaciones del almacén.

Al trazar lo recorridos que se realiza a cada almacenista el plano queda representado de la siguiente manera, figura 4.7



**Figura 4.7.** Plano de las instalaciones del almacén con las áreas identificadas y recorridos entre ellas (distancias en metros).



Recepción, almacenamiento e inspección	1	2	3
Posición inicial	Recibo		
Proceso de recepción	Frecuencia	Distancia	Total
De dock in a recepción	1	34	34
De recepción a dock in	2	34	68
De dock in a área de descarga temporal	1	18.8	18.8
De área de descarga temporal a recepción	2	25	50
Recepción a área de descarga temporal	1	25	25
<b>Total</b>			195.8
Posición inicial	Recibo		
Proceso de Ubicación (almacenamiento)	Frecuencia	Distancia	Total
Recepción a área temporal material QA1	12	18	216
Área temporal material QA1 a recepción	12	18	216
Recepción a localizaciones	2	22	44
Localizaciones a recepción	2	22	44
<b>Total</b>			520
Posición inicial	A		
Proceso de Inspección	Frecuencia	Distancia	Total
"A" a "B"	20	4	80
"B" a "A"	20	4	80
"A" a "C"	20	8.5	170
"C" a "A"	15	8.5	127.5
"C" a "B"	5	6	30
<b>Total</b>			487.5

**Tabla 4.4.** Distancias (metros) de los recorridos por los almacenistas.

En la tabla 4.4 en la primera columna se coloca la descripción del recorrido, en la segunda columna se coloca el número de veces que efectúa ese recorrido, en la tercera columna se observa la distancia medida en metros, y en la última columna el total. Estas frecuencias son solamente las resultantes de las actividades principales que generalmente hacen los almacenistas en una jornada laboral en el mes de junio del 2013.

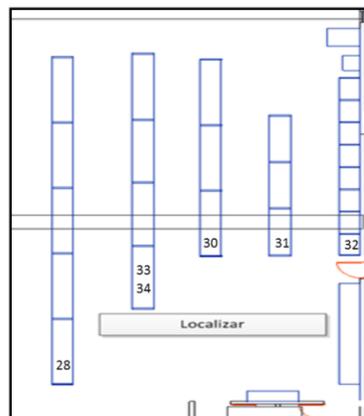
Con respecto a la preparación de pedidos, se tomó una o dos órdenes al azar de cada familia de productos de un día de junio del 2013.

Para entender los traslados, se separa la información y la explicación en distintas figuras. El código para una ubicación en el sistema es el siguiente, 01-02-08, el último número indica la localización, el segundo indica a la estante que le pertenece, y el tercero indica el nombre que se le asignó a un grupo de estantes. Por ejemplo en la figura 4.9, para localizar la ubicación 01-02-08, se dirige al primer número (01), que es el grupo de anaqueles, después se traslada al segundo estante (02), y finalmente se busca la localización (08).



**Figura 4.9.** Sistema de identificación para la ubicación del material.

En la figura 4.10, se observa parte del almacén, la sección donde se localizan los materiales. El número que se le asigna en la figura (28, 33, 34, 30, 31, 32), se refiere a los anaqueles en cada fila. Esta ordenación es importante debido a que el sistema selecciona la ruta de la recolección del material dependiendo de la ubicación, en la lista de preparación del pedido, primero aparecen las transacciones de los anaqueles denominados 28, después las 30, y así sucesivamente, por esta razón, claramente se puede observar que al realizar un nombramiento al azar de los anaqueles, estos incrementan los traslados.



**Figura 4.10.** Identificación por grupos de estantes.

Estos grupos de anaqueles a su vez se dividen en estantes individuales, en la figura 11, se muestran que porcentaje está ocupada en volumen cada estante, y que familias de productos se encuentra ubicada en dichas localizaciones.

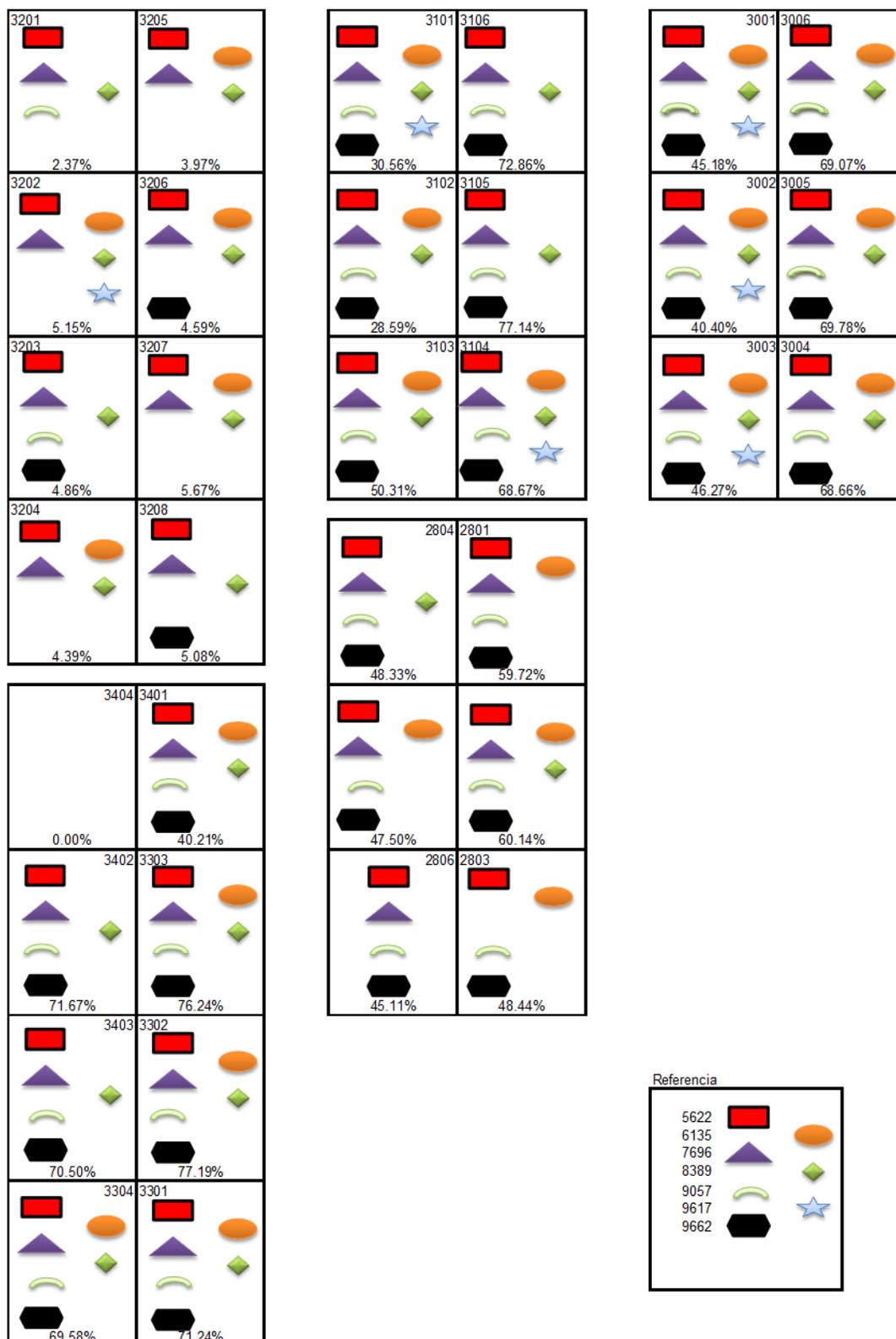


Figura 4.11. Utilización del espacio de los estantes por los materiales de los distintos departamentos.

Como se observa en la figura 4.11, los estantes no están distribuidas como se muestra en el plano del almacén, aquí se colocan todas juntas por cuestiones de visualización. También se observa que en la parte inferior derecha está un cuadro nombrado referencia, donde cada símbolo representa un departamento o familia de productos, y por lo tanto al observar la figura 4.11 se puede deducir que los materiales de los diferentes departamentos están distribuidos por todo el almacén. Por otra parte, en la parte inferior de cada estante se indica el volumen porcentual del espacio que se está utilizando. Para calcular el volumen que se encuentra ocupado por cada estante, primero se estimó el volumen disponible total de cada localización, después por medio de tres personas subjetivamente se determinó el porcentaje de volumen del espacio utilizado por el material. Se multiplicó el porcentaje de estimación con el volumen disponible y finalmente se sumó los volúmenes de las localizaciones correspondientes a cada estante.

En la figura 4.12 se muestra que porcentaje de los materiales de cada departamento o familia de productos es representando del total del volumen utilizado en cada estante, por ejemplo, en la estante 3101, solo se ocupa el 30% del volumen disponible, y el 18.22% se debe a la familia 5622, el 0.87% a la familia 6135, y así sucesivamente hasta llegar al 0.58% de la familia 9662.

3201	5622 2.06%	3205	5622 3.15%	6135 0.02%	6135 0.02%	7696 0.25%	7696 0.10%	8389 0.03%	8389 0.59%	9057 0.02%	9057	9617	9617	9662	9662	Total 2.37%	Total 3.97%
3202	5622 4.67%	3206	5622 3.66%	6135 0.02%	6135	7696 0.25%	7696 0.37%	8389 0.15%	8389 0.25%	9057	9057	9617 0.03%	9617	9662	9662 0.02%	Total 5.15%	Total 4.59%
3203	5622 4.34%	3207	5622 5.11%	6135 0.01%	6135 0.01%	7696 0.26%	7696 0.16%	8389 0.16%	8389 0.13%	9057 0.02%	9057	9617	9617	9662 0.02%	9662	Total 4.86%	Total 5.67%
3204	5622 3.76%	3208	5622 4.63%	6135 0.04%	6135	7696 0.16%	7696 0.16%	8389 0.09%	8389 0.06%	9057	9057	9617	9617	9662 0.01%	9662	Total 4.39%	Total 5.08%
2804	9.18% 5622	2801	5622 35.83%	6135 3.85%	6135	9.18% 7696	7696 0.77%	1.93% 8389	8389	17.40% 9057	9057 6.94%	9617	9617	3.87% 9662	9662 10.02%	Total 48.33%	Total 59.72%
2805	23.41% 5622	2802	5622 4.40%	0.69% 6135	6135 0.73%	5.51% 7696	7696 1.47%	8389 5.87%	8389	13.08% 9057	9057 7.33%	9617	9617	0.69% 9662	9662 33.01%	Total 47.50%	Total 60.14%
2806	19.69% 5622	2803	5622 44.10%	11.44% 6135	6135 3.61%	8389	8389	8.26% 9057	9057 0.72%	9617	9617	5.72% 9662	9662	45.11%	Total	Total 48.44%	
3101	18.68% 5622	3106	5622 29.71%	0.87% 6135	6135	2.17% 7696	7696 14.85%	5.65% 8389	8389 9.90%	1.16% 9057	9057 8.49%	0.14% 9617	9617	0.58% 9662	9662 3.54%	Total 30.56%	Total 72.86%
3102	12.83% 5622	3105	5622 15.43%	0.37% 6135	6135	1.95% 7696	7696 10.56%	9.16% 8389	8389 13.80%	1.71% 9057	9057 12.99%	9617	9617	1.10% 9662	9662 15.43%	Total 28.59%	Total 77.14%
3103	19.86% 5622	3104	5622 20.16%	3.09% 6135	6135 0.54%	8.83% 7696	7696 11.44%	7.50% 8389	8389 10.35%	1.77% 9057	9057 8.72%	9617	9617	3.09% 9662	9662 3.81%	Total 50.31%	Total 68.67%
3404	5622	3401	5622 2.94%	6135 2.55%	6135	7696 1.77%	7696	8389 0.59%	8389	9057 12.16%	9057	9617	9617	9662 18.63%	9662	Total	Total 40.21%
3402	18.08% 5622	3303	5622 18.13%	6135 2.13%	6135	9.38% 7696	7696 5.33%	0.67% 8389	8389 6.40%	14.74% 9057	9057 16.53%	9617	9617	27.46% 9662	9662 8.53%	Total 71.67%	Total 76.24%
3403	19.23% 5622	3302	5622 14.89%	6135 2.21%	6135	8.55% 7696	7696 15.44%	2.85% 8389	8389 12.13%	8.55% 9057	9057 9.92%	9617	9617	9.97% 9662	9662 6.62%	Total 70.50%	Total 77.19%
3304	17.40% 5622	3301	5622 17.58%	2.01% 6135	6135 1.80%	12.04% 7696	7696 6.31%	6.02% 8389	8389 9.02%	4.01% 9057	9057 12.62%	1.34% 9617	9617	8.03% 9662	9662 11.72%	Total 69.58%	Total 71.24%
3001	19.40% 5622	3006	5622 43.99%	0.11% 6135	6135 0.95%	3.77% 7696	7696 8.51%	12.89% 8389	8389 5.68%	2.74% 9057	9057 3.31%	0.11% 9617	9617	3.88% 9662	9662 3.78%	Total 45.18%	Total 69.07%
3002	19.21% 5622	3005	5622 36.49%	0.12% 6135	6135 0.40%	3.49% 7696	7696 7.22%	8.96% 8389	8389 13.63%	2.56% 9057	9057 1.20%	0.12% 9617	9617	4.42% 9662	9662 2.41%	Total 40.40%	Total 69.78%
3003	22.87% 5622	3004	5622 42.19%	0.13% 6135	6135 1.15%	3.34% 7696	7696 6.52%	14.57% 8389	8389 9.59%	1.74% 9057	9057 1.53%	0.13% 9617	9617	1.74% 9662	9662 3.07%	Total 46.27%	Total 68.66%

Figura 4.12. Utilización porcentual del espacio de los estantes por los materiales de los distintos departamentos.

En la figura 4.13 se muestran los traslados de cada familia, tomando como referencia una o dos preparaciones de pedidos en un día de junio.

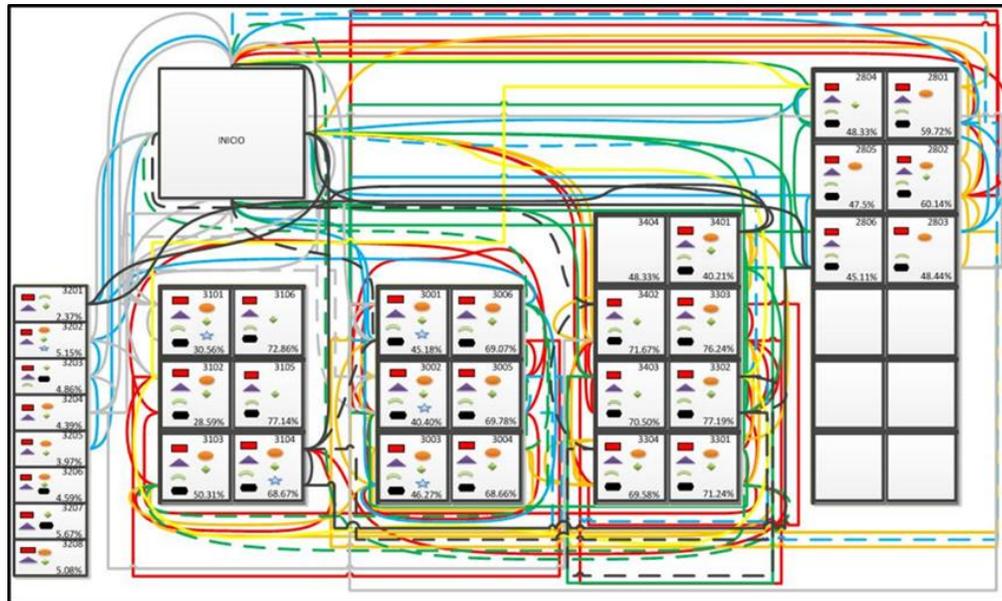


Figura 4.13. Diagrama de recorridos de los distintos departamentos.

Cada línea de color, representa los recorridos de una familia de productos.

En la figura 4.14 se muestra los recorridos de la familia llamada plug and play (PNP).

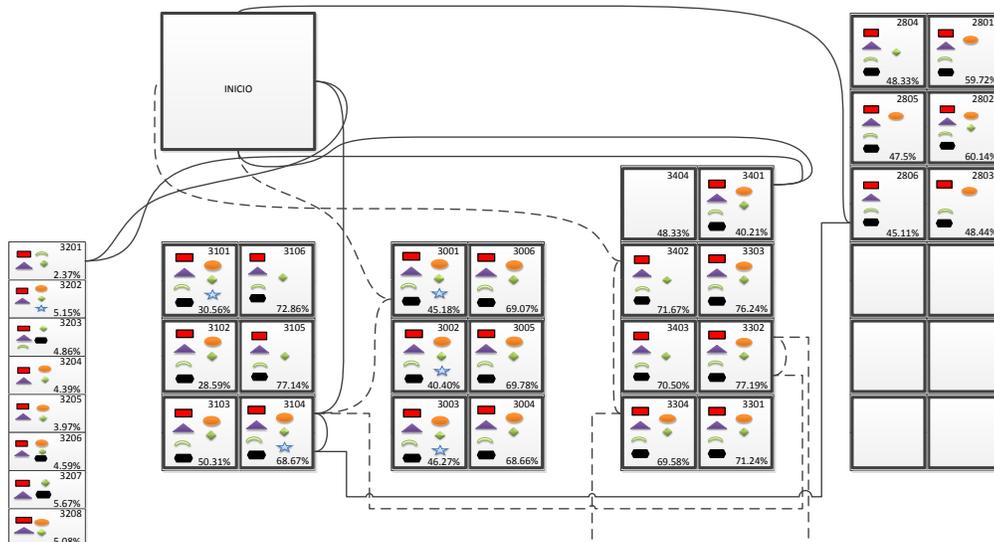


Figura 4.14. Diagrama de recorridos del departamento PNP (9057).

En la figura 4.15 se muestra los recorridos de la familia de productos denominada Microdot.

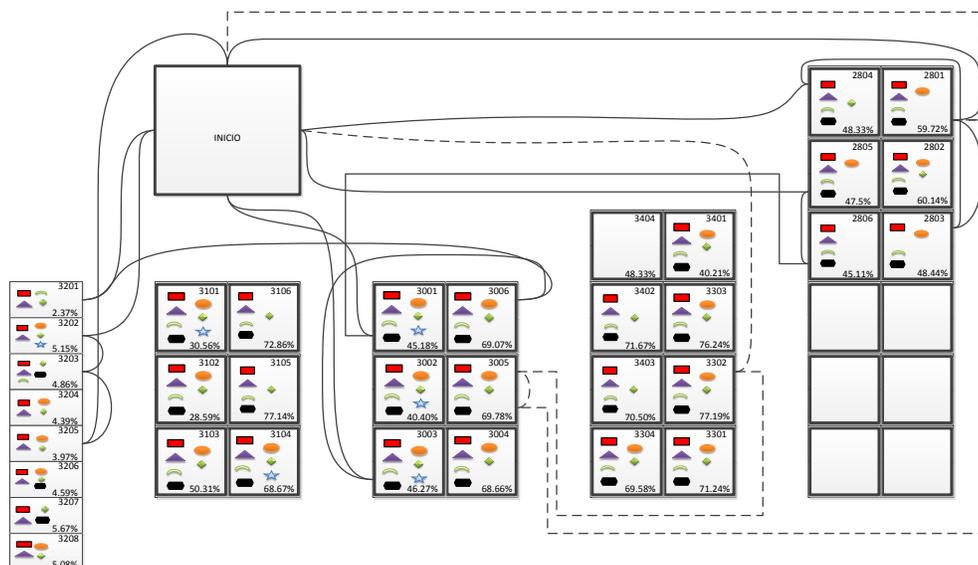


Figura 4.15. Diagrama de recorridos del departamento Microdot (5622).

En la tabla 4.5 se muestra en resumen el número de transacciones por cada preparación de pedidos, la familia a la que pertenece, y la distancia máxima y mínima para lograr preparar la orden.

Departamento	Mínimo	Máximo	Mínimo2	Máximo2	Número de transacciones
<b>Amplimite</b>			462	601	26
			438	563	19
<b>Arinc</b>			442	643	18
			268	309	13
<b>Microdot</b>	459	474	265	330	6
	864	1012	489	681	18
<b>MTC</b>	374	453	368	463	8
	734	892	533	673	14
<b>Nanonics</b>	551	720	286	420	16
	662	731	374	420	20
<b>PDP</b>			206	268	5
<b>PNP</b>	676	894	381	523	16

Tabla 4.5. Distancia (pies) recorrida por los almacenistas por cada departamento para hacer un determinado número de transacciones.

Como se observa en la tabla 4.5, hay dos secciones de máximo y mínimo, la primera es cuando el material necesariamente se tiene que trasladar a la estación de trabajo para pesar en básculas especiales la materia prima; y la que lleva el título de mínimo2 y máximo2, consiste en que las órdenes se pueden hacer con la ayuda de un transporte. Como no se sabe cuál camino va a tomar el almacenista entre transacción y transacción, es decir puede ser por el camino más corto o más largo,

se pone el mínimo y el máximo para tener como referencia ambos estándares. Para calcular las distancias se desarrolló una plantilla en Excel Microsoft, donde se ingresan las ubicaciones que se visitarán y te regresa la distancia recorrida.

El siguiente paso, obtención de información, fue comprender el funcionamiento del sistema de información y la base de datos que maneja la organización con la finalidad de obtener los datos apropiados. Para entender el funcionamiento se preguntó a cada trabajador relacionado directamente o indirectamente con el manejo de material en el almacén sobre el sistema de información, sobre los códigos que utilizan para ingresar al sistema que les corresponde y una breve descripción de lo que hacen en cada operación. Después se solicitó permisos e identificación para poder ingresar al sistema, esto es un trámite que tardó meses. Por último, ingresar al sistema de información, obtener la información que se solicita e imprimir el formato de cada pantalla.

Se investigó a detalle cómo se realiza cada operación en el sistema de información. Con las impresiones de cada pantalla en mano, se acudió con cada trabajador para que explique el objetivo, el procedimiento y el resultado de llenar cada pantalla. Ya teniendo esa información se consideró apropiado realizar las hojas de procesos para cada operación (Ejemplo ver Anexo 7.1).

Además, se investigó sobre los reportes del sistema de información y cómo los datos que se ingresan en el sistema son reflejados en cada reporte. Analizando lo anterior se seleccionaron los reportes que se utilizaron. Cabe mencionar, que se deben de establecer criterios para elegir la información que se obtendrá del sistema de información y la base de datos, para posteriormente obtener los reportes de un período de seis meses que se utilizaron en la siguiente etapa.

Entender los reportes no fue sencillo, en la organización existen muchos movimientos que se realizan y aparecen todos juntos. También se presentó un problema con la hora y fecha de los registros, que ni los expertos en los sistemas se habían percatado, donde se perdió un mes de tiempo, ya que se trabajó con información errónea, y gracias a la pericia estadística del equipo de trabajo se llegó a la conclusión de que la información no era válida. También se fueron presentando

otros problemas que se fueron resolviendo para asegurar que la información era correcta.

Hasta aquí culmina la primera etapa de la metodología, fueron alrededor de 4 meses que se destinaron a desarrollar un diagnóstico que proporcionará una idea de la situación actual, este tiempo es considerablemente largo debido a que no había registro de nada.

## **4.2 Análisis del almacén**

En la segunda etapa, en el análisis de la información se trabajó en la mayor parte del tiempo con los reportes del paso anterior, que en cierta manera representan los tiempos del flujo de material e información. Antes de analizar la información es importante ponerla en un formato adecuado y con los datos de utilidad para el estudio. Como el conocimiento y entendimiento del flujo de material no se puede colocar en un solo reporte, es necesario unir de alguna manera la información. Al principio se determinó que se utilizarían tablas dinámicas, la función “buscarv”, algunas funciones ya predeterminadas y filtros en Excel Microsoft, pero en la práctica no fue suficiente. Se tuvieron tiempos negativos, y datos con valores sin lógica, para resolver esta situación, se implementaron macros y programación de funciones. Aunque la información que se obtiene después de la creación de macros y funciones fue correcta, el tiempo para obtener los resultados superaba más de dos a tres horas, y en ocasiones la computadora dejaba de funcionar, quizás por la falta de memoria, para ello se hicieron bloques de análisis de información por períodos.

En el análisis de los datos del sistema de información se obtuvieron los siguientes parámetros, ver tabla 4.6.

Procesos	Indicador	Sistema	Descripción
<b>Recibo,</b>	Tiempo de recepción a ubicación	SAP	El tiempo desde que se recibe el material hasta que se ubica en una localización
	Tiempo de recepción a inspección	SAP	El tiempo desde que se recibe el material hasta que se libera de la inspección
<b>Inspección y</b>	Tiempo de inspección a ubicación	SAP	El tiempo desde que se libera de la inspección hasta que se ubica en el almacén
	Cantidad de material recibido	SAP	Número promedio de materiales que se reciben por mes
<b>Almacenamiento</b>	Cantidad de material liberado	SAP	Número promedio de materiales que se inspeccionan por mes
	Cantidad de material ubicado	SAP	Número promedio de materiales que se ubican por mes
<b>Preparación de Pedidos</b>	Tiempo de control de producción a producción	SAP	El tiempo en que el planeador reserva una orden hasta que producción la solicite al almacén
	Tiempo de producción a impresión de la orden	SISMA	El tiempo en que se solicita la orden por producción hasta que almacén imprime el requerimiento
	Tiempo de impresión de la orden a la preparación del pedido	SISMA	El tiempo en que almacén imprime el requerimiento hasta la preparación del pedido
	Número de transacciones que realiza un almacenista por día	SISMA	Número promedio materiales que prepara el almacenista requeridos por producción

**Tabla 4.6.** Indicadores de referencia para medir el desempeño del almacén.

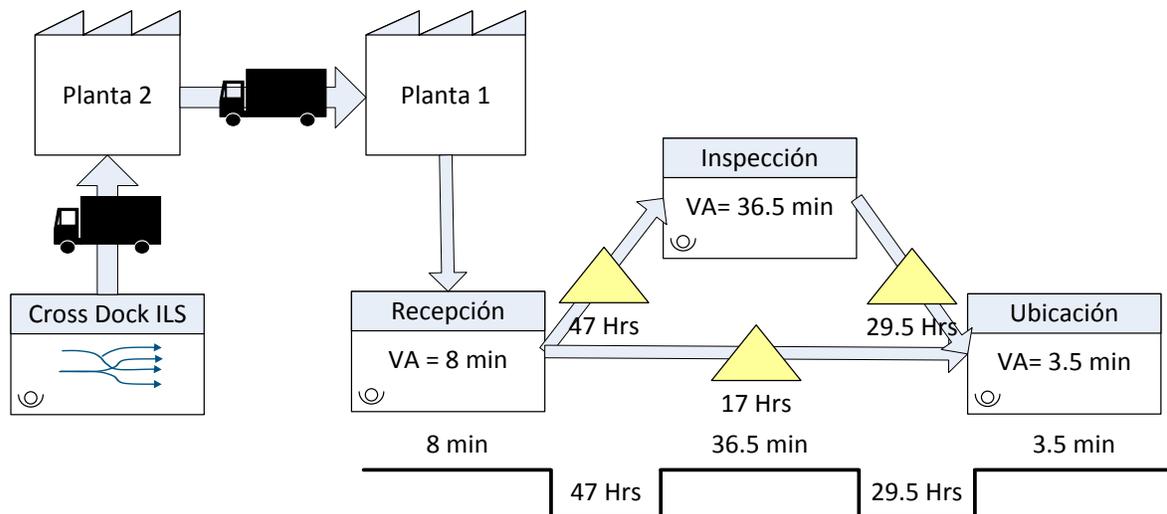
En la tabla 4.6 se muestran los indicadores que se seleccionaron para medir la eficiencia de los procesos de almacén, además que ayudarán a construir la situación actual. Estos son de vital importancia porque en conjunto describe el flujo de material e información.

El siguiente paso es la integración y análisis de la información recolectada, se trató de dar un enfoque sistemático, en este caso se decidió utilizar un mapeo de la cadena de valor enfocado en el almacén y un análisis de frecuencia de uso de los materiales. Antes de realizar el VSM, se muestra la tabla 4.7 con los indicadores resumidos obtenidos del diagnóstico y análisis de la información.

Tiempo VA	Descripción	Minutos
	Proceso de Recepción (recibo)	8
	Proceso Almacenamiento (ubicación)	3.5
	Proceso Inspección	36.5
	Proceso Preparación de pedidos	7
<b>Indicadores Recepción, inspección y almacenamiento</b>		<b>Horas</b>
	Tiempo de recepción a ubicación	17
	Tiempo de recepción a inspección	47
	Tiempo de inspección a ubicación	29.5
	Cantidad de material recibido	34
	Cantidad de material liberado	15
	Cantidad de material ubicado	19
<b>Indicadores de preparación de pedidos</b>		<b>Horas</b>
	Tiempo de control de producción a producción	95
	Tiempo de producción a impresión de la orden	5.5
	Tiempo de impresión de la orden a la preparación del pedido	24
	Número de transacciones que realiza un preparador de pedidos por día	67

**Tabla 4.7.** Resumen de los resultados plasmado en los indicadores.

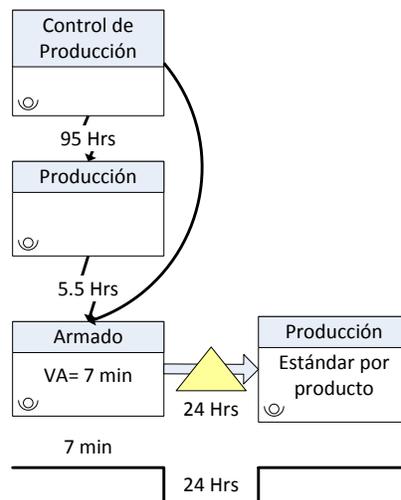
Estas medidas de desempeño se vacían en el VSM, donde se podrá apreciar de una manera sistemática el flujo de información y material. En la figura 4.16 se presenta la mitad del proceso, que se incluye recepción, inspección y almacenamiento.



**Figura 4.16.** Mapa de la cadena de valor de los procesos de recepción, inspección y ubicación.

Como se muestra en la figura 4.16, los materiales son recibidos en Tucson, Arizona, donde se sortean y consolidan dependiendo del destino al que se dirigen. Para el

presente estudio los materiales que interesan son los que llegan en planta 2, aquí la materia prima es sorteada de nuevo, y se separan los materiales que van para planta 1 (empresa bajo estudio), al llegar a esta planta el material se recibe, si en el sistema aparece el código 902, directamente se procede a ubicar (almacenar) dicho material, en cambio, si aparece el código QA1, el material se traslada al área de inspección, se verifica las características que se indican en el plan de inspección, una vez que el material cumple con los estándares establecidos, se procede a localizarlo. Este conjunto de procesos es importante debido a que cuando el material está ubicado, el planeador puede disponer de él. De lo contrario, el planeador no puede disponer de la materia prima aunque ya esté en la planta, provocando un atraso en los tiempos establecidos para la entrega del producto final. Un detalle importante es que cuando el material esté disponible por control de producción, es apenas el inicio del siguiente proceso, si el proceso de recibo se hace por medio de lotes grandes, al momento de efectuar las transferencias en el sistema, puede haber una gran demanda de preparación de pedidos, ocasionando otro incremento de tiempo que contribuya a entregar un producto final fuera de lo especificado por el cliente. Mientras que en la figura 4.17 se presenta el VSM para el proceso de preparación de pedidos, desde que la orden se reserva, hasta que los materiales son utilizados por producción.



**Figura 4.17.** Mapa de la cadena de valor del proceso de preparación de pedido.

La secuencia de los procesos mostrados en la figura 4.17, es la continuación de la figura 4.16, cuando todos materiales de una orden estén disponibles, el planeador

puede reservar la materia prima. Este proceso actualmente tiene descontrol, ya que en cuanto las órdenes están disponibles para comenzar con el proceso (es decir, todos los materiales de una orden están disponibles), se reserva el material, sin investigar si la orden es la que debe de producir o no, es decir, no se establecen prioridades de manera concreta (a menos que una orden está a punto de vencer con la fecha establecida o su fecha de entrega ha vencido). El área de producción por su parte, ve un plan de fabricación, y acorde a su experiencia y otros criterios que afectan parámetros con los que tienen que cumplir va solicitando las órdenes a almacén, es en esta sección donde el área de producción muchas veces no fabrica lo que debería, por darle prioridad a otros criterios. Cabe destacar que las decisiones de que fabricar o no, se decide en la línea de producción, y las órdenes que se mandan a preparar al almacén son todas las que se reservaron. Evidentemente se puede deducir que existe cierto descontrol sobre la secuencia de producción, el cual se incrementa al llegar al almacén. El almacenista toma una orden al azar o una orden fácil de realizar, y procede a prepararla. Como los materiales de las órdenes son tomados como se menciona anteriormente, estas se mandan a la línea de producción, que procede a fabricar lo que tiene disponible, o si puede decidir se basa en la experiencia y ciertos criterios, todo esto ocasiona que órdenes que se deben de fabricar primero se fabriquen a lo último, y las órdenes menos urgentes se fabriquen primero. Con esto, ciertas órdenes se convierten en “late” (tarde), los planeadores van a almacén a tratar de que se le dé prioridad a estas órdenes late, el almacenista se concentra en preparar las prioridades y descuida los demás departamentos, por todo lo anterior en ocasiones se presentan paros en la línea de producción.

El último análisis realizado para presentar es que se resume en la tabla 4.8, un análisis ABC de los materiales, tomando como referencia la frecuencia de uso (análisis elaborado con información de Marzo-Agosto 2013).

Este análisis se efectuó con el propósito de conocer qué departamento y qué materiales son los que se debe tener un mayor control, facilitar el acceso, e inclusive evaluar la posibilidad de la creación de supermercados en la línea de producción.

Departamento	Cantidad de materiales	Número de movimiento	Descripción			
5622 Microdot	1150	10225	El 25%	del material controla el	65%	de los movimientos
5622 Nanonics	410	7767	El 25%	del material controla el	80%	de los movimientos
9662	410	7195	El 26%	del material controla el	70%	de los movimientos
9617	30	1140	El 15%	del material controla el	80%	de los movimientos
9057	520	32767	El 10%	del material controla el	90%	de los movimientos
8389	70	1100	El 30%	del material controla el	60%	de los movimientos
7696	230	3200	El 25%	del material controla el	65%	de los movimientos
6135	50	770	El 27%	del material controla el	80%	de los movimientos
1226	210	5650	El 25%	del material controla el	60%	de los movimientos

**Tabla 4.8.** Análisis ABC de los materiales.

Después del análisis y comprensión de las actividades, estudio de tiempo, de recorridos, análisis de VSM y frecuencia de uso se observaron ciertos desperdicios que afectan el flujo de material e información. Estas se resumen en la tabla 4.9.

Recibo	Mejora	Proyecto
Distancia entre recepción e inspección	Disminuir distancia	Re diseño de instalaciones
Distancia entre recepción y localización	Disminuir distancia	Re diseño de instalaciones
Sobreprocesamiento de trabajo en la captura en el sistema SAP	Eliminar pasos	Re diseño del trabajo
Material con problemas, no se documenta la solución y se vuelve a invertir tiempo en resolverlo	Elaborar hojas de instrucción	Trabajo estandarizado
Cada quién hace el trabajo de manera diferente	Elaborar hojas de instrucción	Trabajo estandarizado
Nadie se hace responsable al 100% de la recepción del material	Distribución de tareas y responsabilidades	Re diseño del trabajo
Materiales son transportados a Tucson, planta 2 y después a planta 1	Transporte directo	Re diseño flujo
<b>Inspección</b>		
Material InterCo no debería de pasar por inspección, ya que se libera automático	Modificaciones en el sistema	Re diseño flujo
Problemas de material que llega sin certificado de conformidad (por parte del proveedor)	Políticas y comunicación cliente-proveedor	Re diseño del trabajo
Uso deficiente del espacio disponible	Distribución del área de trabajo	Diseño de instalaciones
Material sin QIP (cancelación de recibo y generación de una nueva documentación)	Hacer QIP antes de que el material llegue a las instalaciones	Re diseño del trabajo
No se visualiza material para inspeccionar, liberado y en espera.	Establecer y delimitar áreas	Fabrica visual, 5's +1
<b>Preparación de pedidos</b>		
Desorganización para preparar las órdenes de trabajo por prioridades	Establecer sistema de prioridades	Re diseño flujo
Largos tiempos para preparar la papelería	Distribución de tareas y responsabilidades	Re diseño del trabajo
Largos traslados para preparar los pedidos	Re distribución del almacén	Diseño de instalaciones
Si el material se ubica mal por error, se busca en todo el almacén	Re distribución del almacén	Diseño de instalaciones
<b>General</b>		
Fallas frecuentes en los transportes como montacargas y otros vehículos	Revisar TPM (plan de mantenimiento) para montacargas y vehículos	Proyecto secundario
Falta de vehículos de transporte manuales	Adquirir transportes acordes a las necesidades	Proyecto secundario
Medidas inadecuadas de los bahías (estantes)	Establecer medidas dependiendo de las características del material	Diseño de instalaciones

**Tabla 4.9.** Tabla de relación de las necesidades, las mejoras y los proyectos.

A diferencia de lo que se pensaba anteriormente, los desperdicios en general presentan dificultad para calcular el tiempo que estos consumen, por lo que se omitió este cálculo.

Como se puede apreciar hasta este punto de la investigación, los problemas y las necesidades en el área de almacén son amplias y diversas, por lo que antes de continuar se hizo una prueba piloto en los procesos de recepción y ubicación de los materiales.

### **4.3 Rediseño e implementación**

El primer paso fue desarrollar una presentación donde se expone el diagnóstico y análisis efectuados, con el propósito de entender y comprender la situación actual y las áreas de oportunidad, después se seleccionaron a las personas que deberían de estar involucradas en esta prueba piloto. Los integrantes principales de esta prueba son los almacenistas encargados de realizar estos procesos, seguido de los supervisores, el subgerente del área y la analista de mejora continua.

#### **4.3.1 Prueba piloto**

En esta prueba piloto se efectuaron solo tres reuniones. En la primera reunión se explicó el propósito del proyecto, el diagnóstico y análisis, se detectaron áreas de oportunidad, se presentaron propuestas, y se elaboró el plan de trabajo donde a cada participante se le asignó las responsabilidades correspondientes a las actividades que realiza en su trabajo. El resultado de esta reunión forma parte de la tabla 4.10 y la tabla 4.11.

Cabe mencionar que antes de implementar cualquier mejora, se comenzó con la una pequeña platica y aplicación de 5S's, abarcando los primeros 3 puntos (ordenar, organizar y limpiar), y en el transcurso de la prueba piloto se desarrollaron los 2 puntos restantes (estandarizar y sostener). A continuación se explica el trabajo realizado en cada punto expuesto en la tabla 4.10, que abarca los procesos de recibo, inspección y ubicación.

Necesidad	Mejora	Proyecto	Estatus
1.- Documentación del trabajo (proceso estandar)	Hojas de instrucción, diagrama de flujo	Trabajo estandarizado	Hecho
2.- Material con problemas, no se documenta la solución y se vuelve a invertir tiempo en resolverlo	Elaborar hojas de instrucción, diagrama de flujo	Trabajo estandarizado	Hecho
3.- Cada quién hace el trabajo de manera diferente	Elaborar hojas de instrucción, diagrama de flujo	Trabajo estandarizado	Hecho
4.- Nadie se hace responsable al 100% de la recepción del material	Distribución de tareas y responsabilidades	Re diseño del trabajo	Hecho
5.- Material sin plan de inspección (cancelación de recibo y generación de una nueva documentación)	Hacer QIP antes de que el material llegue a las instalaciones	Re diseño del trabajo	Hecho
6.- Problemas de material que llega sin certificado de conformidad (por parte del proveedor)	Políticas y comunicación cliente-proveedor	Re diseño del trabajo	Hecho
7.- Utilizar etiqueta del proveedor (sólo validar), en vez de generar una nueva	Políticas y comunicación cliente-proveedor	Re diseño del trabajo	Hecho
8.- Sorteo del material en edificio 874- 860 y 925- G88 al día siguiente se manda a recibo planta 1	Transporte Directo	Logística	En proceso
9.- Material InterCo no debería de pasar por inspección, ya que se libera automáticamente	Modificaciones en el sistema	Re diseño flujo	En proceso
10.- No se visualiza material para inspeccionar, liberado y en espera.	Establecer y delimitar áreas	Fábrica visual	Hecho
11.- Deficiencia en la comunicación entre recibo e inspección (Fábrica visual 5's +1, buzones, área de espera)	Re diseño de la distribución y limitación de áreas	Fábrica visual, re diseño	Hecho
12.- Distancia entre recepción e inspección	Disminuir distancia	Re diseño de instalaciones	Hecho
13.- Distancia entre recepción y localización	Disminuir distancia	Re diseño de instalaciones	Hecho
14.- Uso deficiente del espacio disponible	Distribución del área de trabajo	Re diseño de instalaciones	Hecho

**Tabla 4.10.** *Tabla de relación de las necesidades, mejoras y proyectos de la prueba piloto.*

Las primeras tres necesidades, es decir, la documentación de las actividades, los procedimientos de guía en caso de problemas y la forma de realizar el trabajo no se tiene de manera tangible, las personas sólo se basan en su experiencia para realizar las actividades y resolver los problemas que surjan de efectuar su labor. Además muchas de las actividades no están asignadas de manera puntual a los almacenistas, por lo que a veces estas no son efectuadas en tiempo y forma. Para estos puntos, se complementó la metodología propuesta anteriormente donde se obtienen los diagramas de flujo y hojas de instrucción obtenidos en la etapa de diagnóstico, con el método de trabajo estandarizado, agrupando las actividades de naturaleza similar, además se analizaron los tiempos de las actividades de las áreas de recepción, inspección y ubicación, para estimar la carga de trabajo para cada agrupación. Con la estimación de tiempos y la cantidad promedio de material que se

recibe y ubica al día, se determinó necesario asignar a una persona de tiempo completo que se dedicará a realizar estas actividades. En la segunda reunión se presentaron estos avances, se discutió sobre el progreso de los siguientes cinco puntos, y se mencionaron los recursos que se necesitaban para poder concluir o dar solución. En las semanas posteriores, con respecto al punto de material sin plan de inspección (QIP), el problema era que en el área de inspección al momento de verificar las características de calidad, el sistema arrojaba un error advirtiendo que dicho material no contaba con los parámetros a evaluar, en este momento la inspectora de calidad regresaba el material a recibo para que cancelará la documentación, después la inspectora hacia el plan de inspección, el siguiente paso la inspectora acudía a recibo para que le generará de nuevo la documentación de recibido y posteriormente hacia las pruebas correspondientes al material. Lo anterior consumía mucho tiempo y esfuerzo para los procesos de recepción e inspección. La solución a este punto fue modificar el sistema utilizado por la empresa (SAP), que diera lugar a incorporar el plan de inspección después de haber recibido un material nuevo, es decir, un material que por primera vez llega a la planta por lo cual no contaba con un plan de revisión. El siguiente punto sale un poco de control del evento ya que los certificados de conformidad provienen del cliente, por lo que en este punto lo que se concreto es hacer una lista de los materiales con sus respectivos proveedores para que el departamento le dé seguimiento. Otro punto, es el utilizar la etiqueta del proveedor en vez de generar una nueva, para algunos materiales esta actividad se lleva a cabo, pero no es posible hacer esto para todos los materiales ya que algunos argumentan que no pueden modificar su proceso de empaque por los costos que estos ocasionan. En cuanto al siguiente punto, como se menciona en el mapa del flujo de valor, el material llega a Tucson, después se va a planta dos, los almacenistas separan el material asignado a cada planta, después transportan el material a planta uno (planta bajo investigación), se pensó en contratar un transporte directo, proyecto pospuesto para el próximo año, cuando se justifique el volumen del material. Por último, el siguiente punto efectuado antes de la tercera reunión es el material InterCo, es decir, material de una compañía hermana, se debe

de cambiar en el sistema el código QA1 a 902. Como se mencionó anteriormente, el material 902 directamente pasa a ubicarse en el almacén, al contrario, el material de QA1, tiene que pasar por un proceso de inspección. El material InterCo, no se inspecciona, pero en el sistema aparece como QA1, por lo tanto, como está estipulado como normativa corporativa, tiene que llevar etiqueta y sello de calidad, por lo que el almacenista traslada este material al área de inspección solo para que le coloquen el sello y la etiqueta de calidad. Para resolver esto, se comenzó a hacer una lista de los materiales InterCo para cambiar su estatus en el sistema. En la tercera reunión se presentaron estos avances y se asignaron responsables de los últimos puntos restantes. Con respecto a la visualización de material, es tanto el desorden que no se sabe que material está para recibir, inspeccionar, liberado, ubicar, en espera, por lo que en ocasiones puede durar días sin que se le dé seguimiento. Otra situación similar es la comunicación entre recibo e inspección. Para esto se asignaron y delimitaron áreas y se implementó fábrica visual. Las presentaciones visuales son de ayuda para identificar y tomar acción oportuna para eliminar problemas de producción; facilitar el flujo dentro de la planta, crear un efecto “estatus a simple vista”; proporciona una ayuda visual como un proceso de comunicaciones para facilitar la reacción a una desviación de proceso o anomalía; incluye un plan de reacción, con un proceso de escalamiento, esto significa que si un problema no se resuelve a nivel operativo, este escala a nivel del supervisor, si el supervisor no puede solucionar el problema escala a subgerencia, después a nivel gerencia, si este no puede, se escala el problema a nivel corporativo; además fábrica visual facilita saber en 5 minutos el estatus de las instalaciones sin necesidad de una computadora. La Fábrica visual debe explicarse, controlarse y mejorarse a sí misma. Específicamente lo que se hizo fue asignar el área de descarga, área de material por recibir, material para ubicar, material para inspeccionar, material inspeccionado, además se establecieron unos indicadores acerca del desempeño del trabajo colaborativo entre recibo e inspección, donde la meta es recibir y ubicar el material en menos de 12 horas; en cuanto el material que pasa por inspección es recibir, inspeccionar y ubicarlo en menos de 36 horas. Por último, se colocaron buzones a

vista de todos en las áreas de recibo e inspección. En un buzón se estableció colocar las hojas de los materiales que están por recibirse, por los que están listos por ubicarse, así como la documentación por día. Otro buzón se estableció para colocar la documentación de los materiales recibidos que tienen que pasar por inspección, esto con el propósito de ser un medio de comunicación que se tiene material para inspeccionar, en otro compartimiento se coloca la documentación del material ya inspeccionado, sirve como forma de notificación al área de recibo para hacerle saber que tiene material para ubicar.

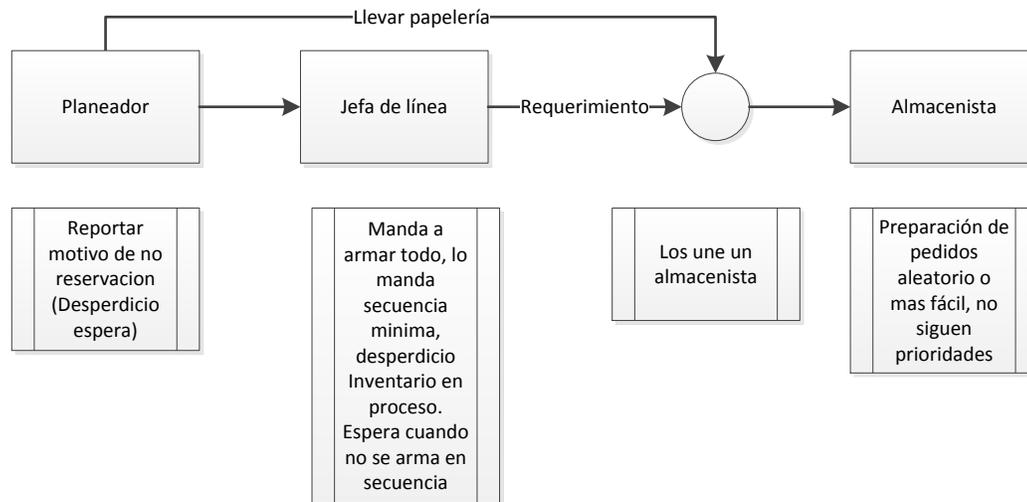
Con respecto al proceso de preparación de pedidos, el resultado de la reunión se resume en la tabla 4.11.

Preparación de pedidos	Mejora	Proyecto
Desorganización para preparar las órdenes de trabajo por prioridades	Establecer sistema de prioridades	Re diseño flujo
Largos tiempos para preparar la papelería	Distribución de tareas y responsabilidades	Re diseño del trabajo
Largos traslados para preparar los pedidos	Re distribución del almacén	Diseño de instalaciones
Si el material se ubica mal por error, se busca en todo el almacén	Re distribución del almacén	Diseño de instalaciones

**Tabla 4.11.** *Tabla de relación de las necesidades, mejoras y proyectos de la prueba piloto del proceso de preparación de pedidos.*

A diferencia de los procesos anteriores que tienen demasiada interacción, la preparación de pedidos es un proceso aislado dentro del almacén, depende en mayor parte de planeación y producción. Debido a la organización de trabajo y lo próximos cambios que se darían en la empresa, por el momento se omitió la realización de 5S's, fábrica visual y re diseño de instalaciones, debido a que todos estos cambios se efectuarían de manera temporal. En preparación de pedidos se trabajó de manera más limitada, por esta razón solamente se atacaron los primeros dos puntos de la tabla 4.11. El primero es muy importante, es la desorganización para ordenar las órdenes de trabajo por prioridades, ya que actualmente los almacenistas toman al azar de entre todas las ordenes de trabajo disponibles, siendo que algunas se requieren antes que otras, provocando así que producción fabrique y ensamble antes de lo planeado, y lo más grave, después de lo acordado con el cliente, lo que ocasiona insatisfacción, pérdida de clientes, multas, y pagos de envío

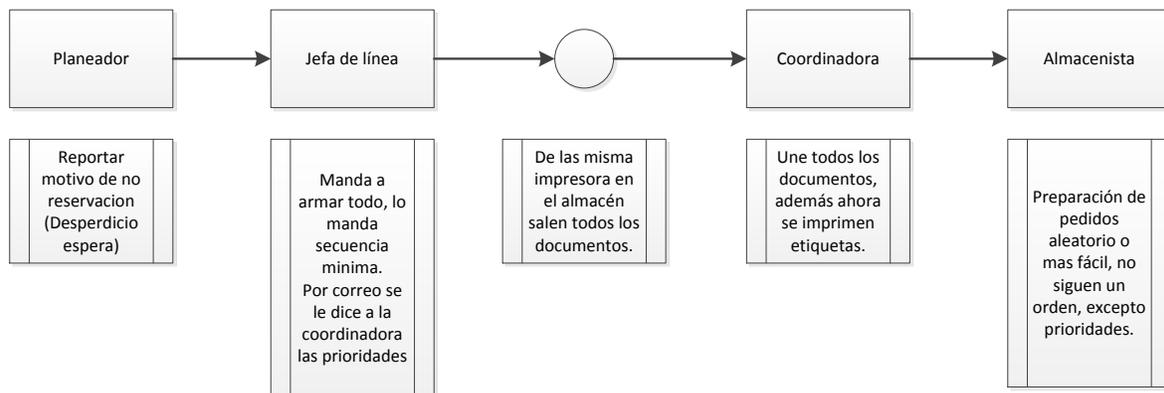
excesivo. El segundo, largos tiempos para preparar papelería, está incluido en la desorganización de la preparación de pedidos, pero separarlo ayuda a visualizar la posible solución.



**Figura 4.18.** Diagrama simplificado del proceso de preparación de pedidos.

En la figura 4.18 se observa el mapa simplificado que describe las actividades de planeación, producción y almacén para preparar pedidos, en el Anexo 7.2 se incluye el diagrama de flujo. Para reducir el tiempo del proceso se estableció que la papelería y la priorización de la preparación de pedidos estuvieran a cargo de una sola persona, a la cual se le mandará correos de las prioridades. Además, esta persona también se encargaría de unir las etiquetas (que se imprimirán de manera automática) que identifican el material, que en su momento se hace la etiqueta de forma manual. El proceso de planeación consiste en reservar los materiales que se requieren para manufacturar un producto solicitado por el cliente, dicha reservación no puede completarse hasta tener todos los componentes (Para este proceso se utiliza el sistema SAP). Una vez que se reserva el material, se imprimen dos documentos, uno se denomina “pick list”, el cual indica los materiales que se necesitan, la cantidad, la ubicación en el almacén, entre otros datos, y la orden de producción. Estos documentos se engrapan y son llevados al almacén. Por otra parte, a las 12:00 p.m. y a las 6:00 p.m. se carga la información de las ordenes reservadas del sistema SAP en el sistema SISMA. El departamento de producción

verifica su plan de producción, y respecto a su experiencia solicita una o varias órdenes por el sistema SISMA, a esta solicitud se le denomina requerimiento. El departamento de preparación de pedidos imprime todos los requerimientos que le aparecen disponible en el sistema SISMA. Después, busca su correspondiente papelería y las une. Todas las órdenes que tengan su “pick list”, la orden de producción y el requerimiento se agrupan en un lugar específico, para que el almacenista tome uno y comience a preparar el pedido. En este punto, el departamento de planeación hace su programa de producción. El departamento de producción verifica el programa de planeación, pero no lo sigue estrictamente. Por último, el departamento de almacén, prepara los pedidos en orden aleatorio. Aparte el tiempo que desperdician los planeadores al llevar cada papelería a almacén es bastante. Por esta razón, se decidió primeramente colocar a una persona responsable de la papelería.



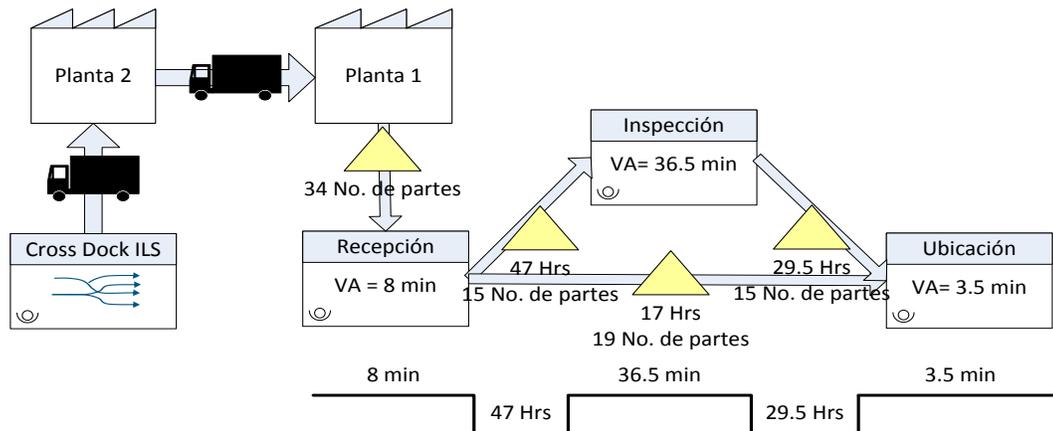
**Figura 4.19.** Diagrama simplificado del nuevo proceso de preparación de pedidos.

Como se observa en la figura 4.19, se agrega un nuevo participante al proceso de preparación de pedidos, este tomará parte de la responsabilidad de planeación con respecto a la papelería, priorizará las órdenes importantes que se le indique por parte de producción, y anexará etiquetas para identificar el material (Anteriormente el material se identificaba con una etiqueta que se hacía de manera manual).

### 4.3.2 Resultados de la prueba piloto

Como se describe anteriormente el proceso de recepción, inspección y ubicación, se retoma para comparar los indicadores después de las propuesta implementadas. A

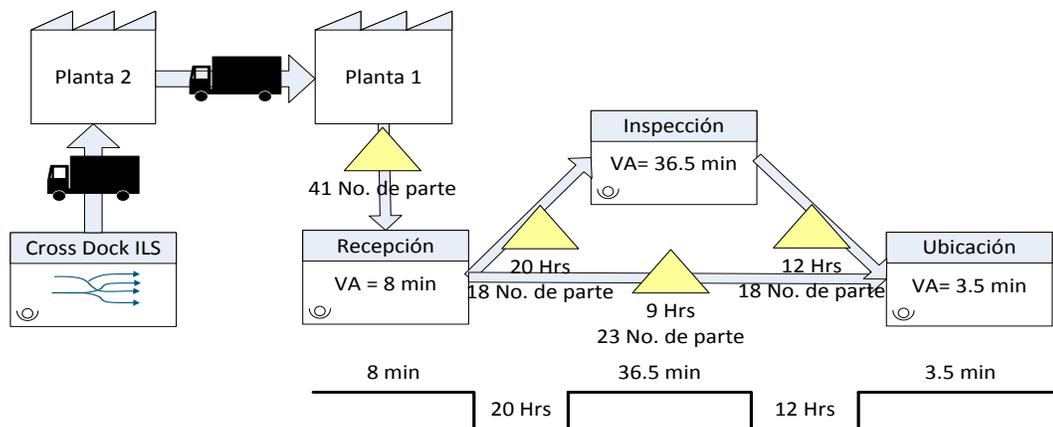
continuación, en la figura 4.20 se retoma el mapa del flujo de valor agregando la cantidad de materiales promedio que pasan por cada proceso. Cabe destacar que en la figura se coloca la cantidad de números de partes debido a que estos pueden venir empacados en una o varias cajas.



**Figura 4.20.** Mapa de la cadena de valor de los procesos de recepción, inspección y ubicación de referencia antes de la realización de los proyectos de mejora.

Como se observa en la figura 4.20, en el proceso de recepción se reciben aproximadamente 34 números de partes. En una jornada laboral un almacenista puede recibir y ubicar 41 números de parte (cantidad obtenida al dividir  $480/11.5$ , 480 representa los minutos disponibles, y los 11.5 la sumatoria del VA de recepción y ubicación, 8 y 3.5 respectivamente), pero como se menciona en la literatura, no existe la eficiencia al 100%, por lo que si se asigna una eficiencia al 85%, se obtiene que un almacenista puede recibir y ubicar 35 números de parte (cantidad obtenida al dividir  $480 \cdot 0.85/11.5$ ), es la manera en que se justificó la asignación de un almacenista. Al igual que en el área de inspección, una inspectora de calidad puede verificar las características de 11 números de parte (cantidad obtenida al dividir  $480 \cdot 0.85/36.5$ ,  $480 \cdot 0.85$  representa el tiempo disponible multiplicado por la eficiencia, el 36.5 el tiempo de VA del proceso). Con estos datos es evidente que los tiempos del flujo de material, es decir, en las actividades de recepción-ubicación, recepción-inspección e inspección-ubicación, con sus tiempos de 17, 47 y 29.5 horas en promedio respectivamente para procesar un material es demasiado, porque para la primeras actividades recepción-ubicación, el tiempo de procesamiento (takt time,

tiempo disponible entre demanda del cliente) debería de ser de 12 minutos (valor obtenido al dividir  $480 \cdot 0.85 / 34$  minutos,  $480 \cdot 0.85$  es el tiempo disponible y 34 es el número de materiales promedio), siendo mayor al tiempo de ciclo, por lo tanto, los materiales 902 deberían estar ubicados en un lapso no mayor a 12 horas. Ahora bien, en el área de inspección el tiempo de procesamiento debería de ser de 27.2 minutos (valor obtenido al dividir al dividir  $480 \cdot 0.85 / 15$  es el tiempo disponible y 15 es el número de materiales promedio para inspeccionar), por lo que quizás es entendible que los materiales se liberen en un lapso de 24 horas o un poco más, ya que el tiempo de ciclo es de 36.5 minutos. Estos tiempos obtenidos con el flujo actual de material están fuera de lo deseado por la organización, por esta razón se implementaron las mejoras descritas anteriormente, excepto el re diseño de instalaciones. En la figura 4.21 se plasman los resultados.



**Figura 4.21.** Mapa de la cadena de valor después de la implementación de los proyectos de mejora. Como se puede apreciar en la figura 4.21, la cantidad de números de parte que se reciben en el almacén en los siguientes tres meses se incrementa, como se puede apreciar en la tabla 4.12. Tanto el material clasificado como 902 y QA1 se incrementa en un 20%. Sin embargo, debido a la realización e implementación de los proyectos de trabajo estandarizado, re diseño del trabajo, 5's+1 y fábrica visual, se observa en la figura 4.21 una fuerte reducción de los tiempos entre las tres actividades.

Descripción	Marzo-Agosto 2013 (referencia)	Septiembre-Noviembre 2013	Incremento de material
Cantidad de material 902 recibido	19	23	21%
Cantidad de material QA1 recibido	15	18	20%

**Tabla 4.12.** Comparación de la cantidad de material recibido primera fase.

Para analizar los datos se presenta la tabla 4.13, esta nos indica que entre la actividad de recibir y ubicar el material de acuerdo con el diagnóstico, se transcurrían en promedio 17 horas, este tiempo se redujo en un 47% al llegar a tomar en promedio 12 horas.

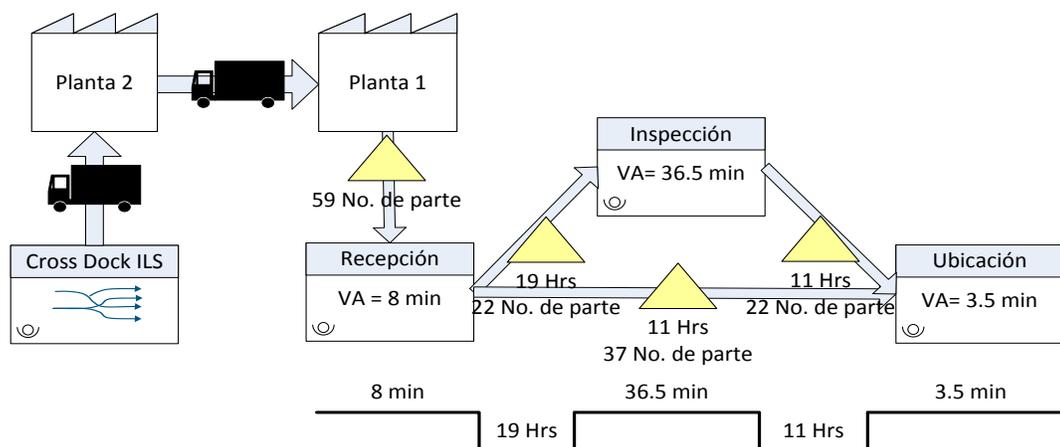
Descripción (Tiempo en horas)	Marzo-Agosto (referencia)		Septiembre-Noviembre		Ahorro en tiempo
	Media	Desviación	Media	Desviación	
Tiempo en horas de recepción a ubicación	17	7	9	2	47%
Tiempo en horas de recepción a inspección	47	16	20	8	57%
Tiempo en horas de inspección a ubicación	29.5	9	12	4	59%

**Tabla 4.13.** Comparación de los tiempos entre los procesos de recepción, inspección y ubicación.

También en la tabla 4.13, se indica que el tiempo entre la actividad de recepción y liberación del material de inspección consumía 47 horas, el cual se redujo a tan solo 20 horas, y por último, el tiempo entre la liberación del material y la ubicación en el sistema se redujo en un 59%, equivalente a 12 horas en promedio. Con esto se logra las metas de la organización.

En el mes de Diciembre se hizo una reestructuración del diseño de las instalaciones del 100% de la planta, logrando así hacer dos evaluaciones más. La evaluación de referencia es comparar los indicadores que representan el flujo de material en el período de tiempo de Marzo-Agosto del 2013 con respecto al período de Septiembre-Noviembre del 2013 (con las mejoras implementadas de 5S's+1, trabajo estandarizado, fábrica visual, re diseño del trabajo, eventos Kaizen). Una nueva evaluación es comparar los indicadores del período Marzo-Agosto del 2013 con respecto Enero-Marzo del 2014 (utilizando solamente re diseño de instalaciones). Y otra evaluación es comparando los indicadores de los períodos Septiembre-Noviembre del 2013 y Enero-Marzo del 2014. Esta última es la más interesante, ya que se comparan dos métodos, una es implementación de mejoras obtenidas a partir de un evento Kaizen (utilizando las herramientas de Manufactura esbelta) y la otra es utilizando planeación sistemática para la distribución (diseño de instalaciones).

En la figura 4.22 se muestran los resultados obtenidos en el período de tiempo de Enero a Marzo del 2014, tomando en consideración re diseño de la distribución.



**Figura 4.22.** Mapa de la cadena de valor después del re diseño de la distribución del almacén.

Como se observa en la figura 4.22, la cantidad de números de parte se incrementa drásticamente, el material clasificado como 902 se incrementa un 47% y el material QA1 se incrementa un 95%, dando un incremento total del 70%, pero los tiempos entre las actividades disminuyeron en comparación al período de referencia (Marzo-Agosto del 2013). Para comprender mejor el incremento se hace la comparación en la tabla 4.14, donde se observa un incremento de material antes mencionado del 95% y 47%.

Descripción	Marzo-Agosto 2013 (referencia)	Enero-Marzo 2014	Incremento de material
Cantidad de material 902 recibido	19	37	95%
Cantidad de material QA1 recibido	15	22	47%

**Tabla 4.14.** Comparación de la cantidad de material recibido segunda fase.

Y como se plasma en la tabla 4.15, existe una reducción de los tiempos entre las actividades, que van del 35% al 63%.

Descripción (tiempo en horas)	Marzo-Agosto (referencia)		Enero-Marzo		Ahorro en tiempo
	Media	Desviación	Media	Desviación	
Tiempo en horas de recepción a ubicación	17	7	11	4	35%
Tiempo en horas de recepción a inspección	47	16	19	5	60%
Tiempo en horas de inspección a ubicación	29.5	9	11	4	63%

**Tabla 4.15.** Comparación de los tiempos entre los procesos de recepción, inspección y ubicación.

Ahora bien, la implementación de las soluciones obtenidas en los eventos Kaizen funcionó de manera similar al re diseño de instalaciones.

Si bien es cierto que hubo un incremento de material en el período de Septiembre-Marzo 2013 y Enero-Marzo 2014, estos se comparan y se muestran en la tabla 4.16.

Descripción	Septiembre-Noviembre 2013	Enero-Marzo 2014	Incremento de material
Cantidad de material 902 recibido	23	37	61%
Cantidad de material QA1 recibido	18	22	22%

**Tabla 4.16.** Comparación de la cantidad de material recibido, primera y segunda fase.

El incremento del material 902 se elevó en un 61%, mientras que el material QA1 solo se incrementó en un 22%. Ahora, en la tabla 4.17 se resume los resultados de la primera fase y segunda fase de la implementación de la prueba piloto.

Descripción (tiempo en horas)	Septiembre-Noviembre		Enero-Marzo		Ahorro en tiempo
	Media	Desviación	Media	Desviación	
Tiempo en horas de recepción a ubicación	9	2	11	4	-22%
Tiempo en horas de recepción a inspección	20	8	19	5	5%
Tiempo en horas de inspección a ubicación	12	4	11	4	8%

**Tabla 4.17.** Comparación de los tiempos entre procesamiento de la primera y segunda fase de las actividades de recibo, inspección y ubicación.

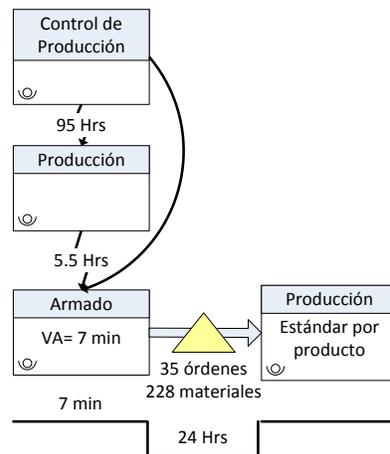
Como se observa, en cuanto al tiempo entre la actividad de recepción y ubicación se visualiza un decremento del 22% en la segunda fase, esto quizás se puede deber al incremento de material. Pero por otro lado, los tiempos entre las otras dos actividades hay un mejoramiento en la segunda fase con respecto a la primera. Cabe mencionar que en el período de Enero-Marzo en ocasiones había dos almacenistas recibiendo, esto se hizo con la idea de compensar el aumento de material.

De los resultados de la tabla 4.17 se efectuaron prueba de hipótesis para las medias y las varianzas de las muestras obtenidas (ver anexo 7.3). Para el caso de las medias, en ningún caso existe suficiente evidencia significativa que nos llevará a concluir que los tiempos promedios de las actividades después de las mejoras no son similares. Por otra parte en el caso de las varianzas, se evaluó las distintas interacciones comparando los dos períodos, donde la hipótesis  $H_0$  es que las varianzas son iguales, y  $H_1$  es que las varianzas no son iguales, se pudo afirmar que existe suficiente evidencia estadística para concluir que las varianzas son similares (el tamaño de la muestra es igual para los dos grupos, es  $n=13$ ,  $n$  es el número de semanas del período a evaluar). También se hizo prueba de hipótesis entre las varianzas de las distintas interacciones (Recepción-Ubicación, Recepción-Inspección, Inspección-Ubicación) en el mismo período. Evidentemente, en el período de Septiembre-Noviembre todas las pruebas de hipótesis conducían a

concluir que las varianzas no eran similares. Mientras que en el período de Enero-Marzo, las pruebas de hipótesis conducían a concluir que las varianzas no eran diferentes.

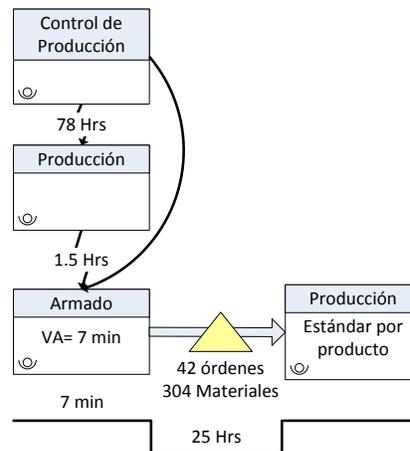
Lo importante a discusión con la prueba de hipótesis es resaltar lo siguiente, en cuestión de promedios, cualquiera de las dos metodologías a utilizar, ya sea manufactura esbelta o diseño de instalaciones, deberían de tener un efecto positivo e inclusive similar en el flujo de material e información. De la interacción de los procesos anteriores Recepción-Ubicación, Recepción-Inspección e Inspección-Ubicación, la más complicada es Recepción-Inspección, debido a que involucra a dos áreas y los procedimientos en ambos llevan muchos pasos. Después le sigue la interacción Inspección-Ubicación, ya que involucra el trabajo en equipo entre dos áreas. Y la interacción más fácil es la de Recepción-Ubicación, porque lo hace un mismo almacenista. Esta caracterización de la complejidad del trabajo se expone para contextualizar la explicación de las hipótesis de varianzas. Si se analiza las desviaciones estándar de la primera fase (período Septiembre-Noviembre), se infiere que entre más complejo es el proceso, la desviación crece al doble.

Ahora se analizan los resultados obtenidos en el proceso de preparación de pedidos. Primero se presenta el VSM para este proceso, representado en la figura 4.23. De control de producción es donde se reserva el material, después producción tiene un conjunto de órdenes para solicitar a almacén, en este lapso transcurren en promedio 95 horas. Una vez que producción solicita una orden y hace el requerimiento, el departamento de almacén imprime este documento, en este lapso transcurren en promedio 5.5 horas. Por último, desde que se imprime el requerimiento hasta que se termina de preparar el pedido transcurren en promedio 24 horas. Como se puede observar un período de tiempo considerablemente razonable desde que se solicita el requerimiento hasta que se termina de preparar la orden (aproximadamente  $5.5+24=29.4$  horas), pero aun así el departamento de almacén tenía muchas quejas por parte de producción, se recuerda que se están manejando promedios, algunos tiempos de entrega de material van hasta 195 horas, es decir, 8 días después.



**Figura 4.23.** Mapa de la cadena de valor del proceso de preparación de pedidos.

Después de hacer los cambios mencionados anteriormente, se evaluaron los siguientes tres meses, y los resultados se plasman en la figura 4.24.



**Figura 4.24.** Mapa de la cadena de valor del proceso de preparación de pedidos después de la implementación de los proyectos de mejora.

Como se observa en la figura 4.24, el tiempo desde que se reserva una orden hasta que se solicita por producción es de 78 horas (mejorando el flujo de información), por otra parte el tiempo desde que producción solicita preparar la orden, hasta el momento en que esta se termina por parte de almacén es de 26.5 horas, lo que nos da un aumento del flujo de material. Aunque también se disminuyó el tiempo máximo para entregar una orden a 7 días, el departamento de preparación de pedidos seguía recibiendo quejas.

Además, de lo anterior es importante mencionar la carga de trabajo bajo evaluación. En la tabla 4.18 se listan algunos indicadores.

Descripción	Marzo-Agosto	Septiembre-Noviembre	Incremento
Número de transacciones requeridas mensual	5129.83	6870.33	33.93%
Número de órdenes mensual	837.83	1007.67	20.27%
Numero de transacciones requeridas a diario	227.73	304.07	33.53%
Número de ordenes al día	35.01	42.16	20.44%
Transacciones hechas por almacenista al día	66.95	74.49	11.25%

**Tabla 4.18.** Resumen de órdenes y transacciones de materiales en el año 2013.

El primer indicador listado en la tabla 4.18 es el número de transacciones requeridas por mes, es decir, el total de materiales que se le solicita a almacén surta a la línea de producción. Como se observa en la tabla 4.18, existe un incremento del 33%. Después se muestra el número de ordenes mensual, como ya se ha mencionado las órdenes son en base a los materiales que se requieren para manufacturar un producto. En las órdenes se puede solicitar de 1 hasta “n” materiales. También hubo un incremento del 20%. Así mismo, se analizaron los datos por día, obteniendo el mismo incremento del 33 y 20% respectivamente. Por último se observa las transacciones hechas por los almacenistas por día, donde también debido a las modificaciones implementadas se mejoró en un 11%.

En la tabla 4.19 se analizan los tiempos entre las actividades de solicitud e impresión, así como impresión y terminación de una orden, donde se puede observar que el tiempo en desde que se solicita hasta que se imprime disminuyó en un 76%, pero al tener más solicitudes disponibles, el tiempo para preparar los pedidos se incrementa en un 5%. Aun así, el tiempo desde que se hace el requerimiento por parte de producción, hasta que se termina de preparar el pedido disminuyó de manera general en un 9.8%, todo esto a pesar de que la demanda en órdenes y transacciones se incrementó en un 20 y 33% respectivamente.

Descripción de tiempos	Marzo-Agosto	Septiembre-Noviembre	Ahorro
Solicitud e impresión	5.33	1.27	76.24%
Impresión y Terminación	23.83	25.05	-5.11%
Tiempo total	29.17	26.32	9.76%

**Tabla 4.19.** Tiempos entre las actividades de solicitud, impresión y terminación de una orden.

Al obtener estos resultados tan prometedores en una prueba piloto de 3 meses, la organización decidió realizar el rediseño de instalaciones, y meses después llevar la metodología propuesta y desarrollar eventos Kaizen para mejorar aún más el departamento de almacén.

### **4.3.3 Redistribución de las instalaciones de almacén por método**

#### **SLP**

El flujo eficaz dentro de una planta, de un departamento o dentro de las estaciones de trabajo incluye el movimiento continuo de los materiales, la información, o las personas.

El flujo entre los departamentos o estaciones de trabajo es uno de los factores más importantes en el diseño de las instalaciones. Para evaluar las distintas distribuciones debe establecerse una medida de flujo. Los flujos se pueden especificar de una manera cuantitativa o cualitativa.

Para evaluar el flujo del almacén, se utilizó como términos la cantidad trasladada de materiales entre los departamentos y/o estaciones de trabajo, así como el movimiento de las personas o información. Se decidió que la tabla más conveniente para registrar estos flujos es una tabla de origen-destino.

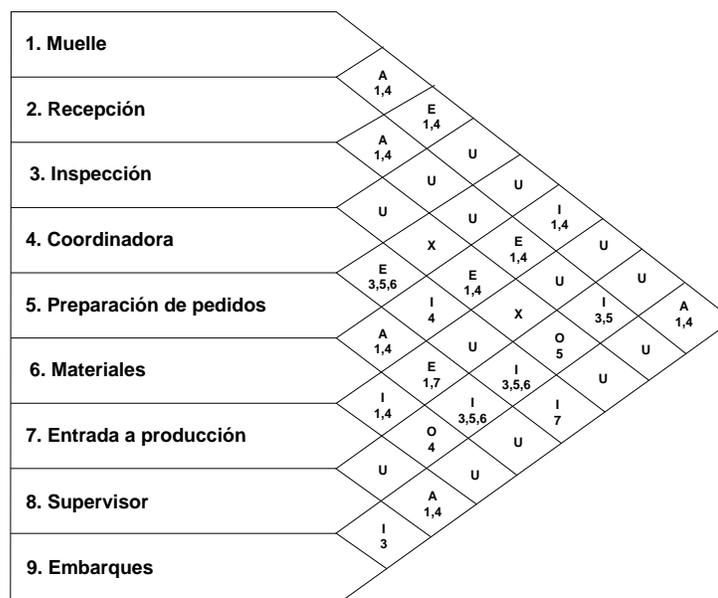
El análisis de flujo es el corazón de la distribución de la planta y el comienzo del plan de manejo de materiales. El flujo de una parte es la trayectoria que ésta sigue mientras se mueve a través de la planta. El análisis de flujo auxiliará al diseñador de instalaciones de manufactura en la selección del arreglo más eficaz. Se dice que si mejora el flujo del producto automáticamente aumentará la rentabilidad (Meyers et al., 2006). La tabla de origen-destino es una de las técnicas más exactas para evaluar el flujo. A continuación en la tabla 4.20 se indican los flujos de materiales e información entre los departamentos, estaciones de trabajo o personas. Cabe mencionar que el análisis y resultado de la distribución que se presenta a continuación incluye el proceso de embarques, en el cual no se ha hecho ningún análisis formal. Esto se debe a que los procesos deben no pueden detenerse, y para modificar la distribución final primero se debe de hacer un área temporal de almacén,

y después contemplar la distribución definitiva. Esta distribución temporal se mantendrá por un período de 5 a 6 meses.

Origen-Destino	Muelle	Recepción	Inspección	Coordinadora	Preparación de pedidos	Materiales	Entrada producción	Supervisor	Embarques
Muelle		1156							
Recepción	272		630			462		21	
Inspección		300				600			
Coordinadora					880	660		42	520
Preparación de pedidos				198		1710	56750	90	
Materiales					2100				
Entrada producción									3450
Supervisor		35	40	175	150	2000			1200
Embarques	2400	320		160	1800	900	46	1600	

**Tabla 4.20.** Análisis del flujo de materiales, información y personas en formato origen-destino (distancia medida en pies).

En paralelo con el análisis de flujo, también se elaboró una tabla de la relación de las actividades. En esta parte los flujos se evalúan de manera cualitativa, dependiendo del grado de cercanía se le asigna una letra a la interacción entre los departamentos, estaciones de trabajo o personas. En la figura 4.25, se muestra el diagrama de relaciones.



**Figura 4.25.** Tabla de relación de actividades.

Como se observa en la Figura 4.25, se anota una letra en la intersección entre dos áreas, estaciones de trabajo o personas. El significado de cada letra está descrito en la tabla 4.21.

Cercanía	Valor
Absolutamente importante	A
Especialmente importante	E
Importante	I
Poco importante	O
Sin importancia	U
No conveniente	X

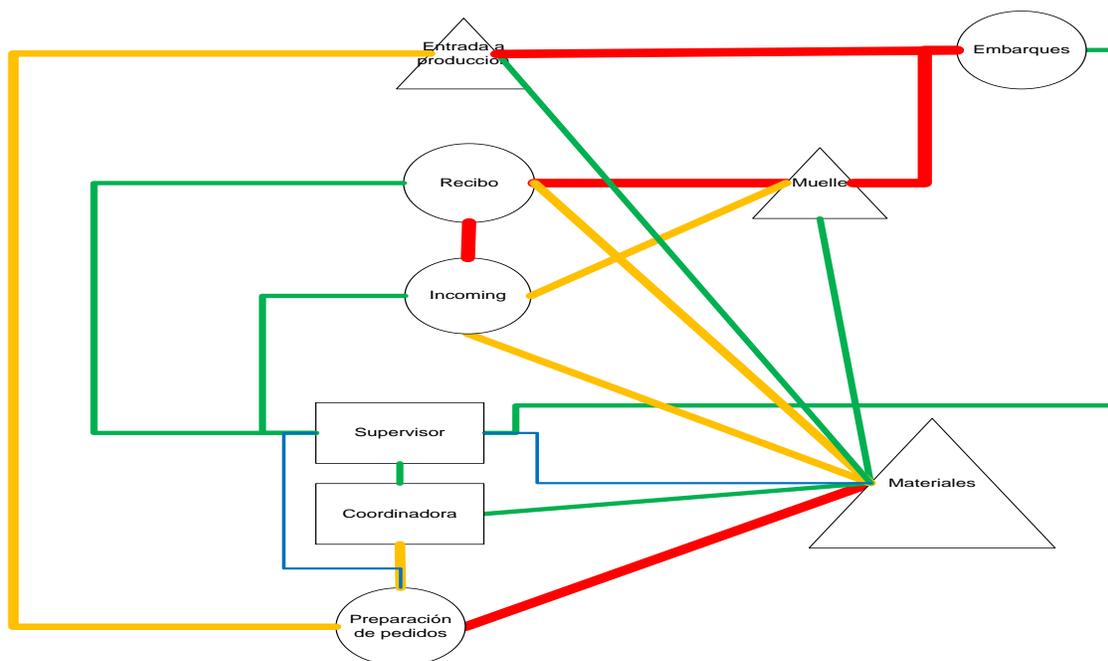
**Tabla 4.21.** Valores de cercanía entre relaciones.

Por otro parte, en la figura 4.25 también se observa que entre cada intersección, en ocasiones se anota un número, el significado de estos números están descritos en la tabla 4.22.

Motivo	Valor
Flujo de materiales	1
Flujo de personas	2
Facilidad de supervisión	3
Facil Acceso	4
Comunicación	5
Control	6
Conveniencia	7

**Tabla 4.22.** Motivos de los valores de cercanía.

Con la información anterior se procedió a diseñar el diagrama de relaciones, como se muestra en la figura 4.26.



**Figura 4.26.** Diagrama de relaciones.

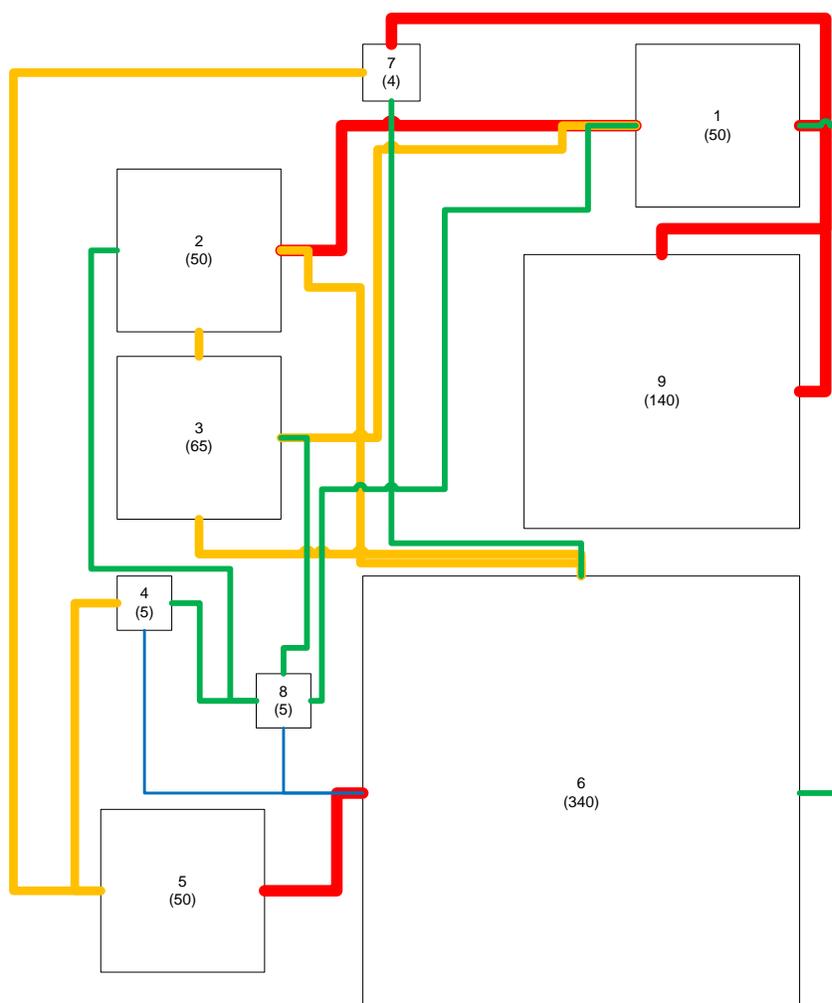
En la figura 4.26 se observan las áreas en figuras geométricas y uniones con líneas de colores, la línea de color rojo representa que es absolutamente importante que esas áreas, estaciones de trabajo y/o personas estén juntas. La línea de color anaranjado significa que es especialmente importante que estén juntas, la línea verde simboliza que es importante y la línea azul que es poco importante.

En la tabla 4.23 se señala el requerimiento de espacio para cada área, estación de trabajo o persona.

Código	Espacio	Largo	Ancho	Área	Metros <sup>2</sup>
1	Muelle	6.10	7.62	46.45	50
2	Recepción	5.49	9.14	50.17	50
3	Inspección	4.57	14.02	64.10	65
4	Coordinadora	3.05	1.52	4.65	5
5	Preparación de pedidos	4.57	9.14	41.81	50
6	Materiales	18.29	18.29	334.45	340
7	Entrada producción	0.91	4.57	4.18	4
8	Supervisor	3.05	1.52	4.65	5
9	Embarques	15.24	9.14	139.35	140

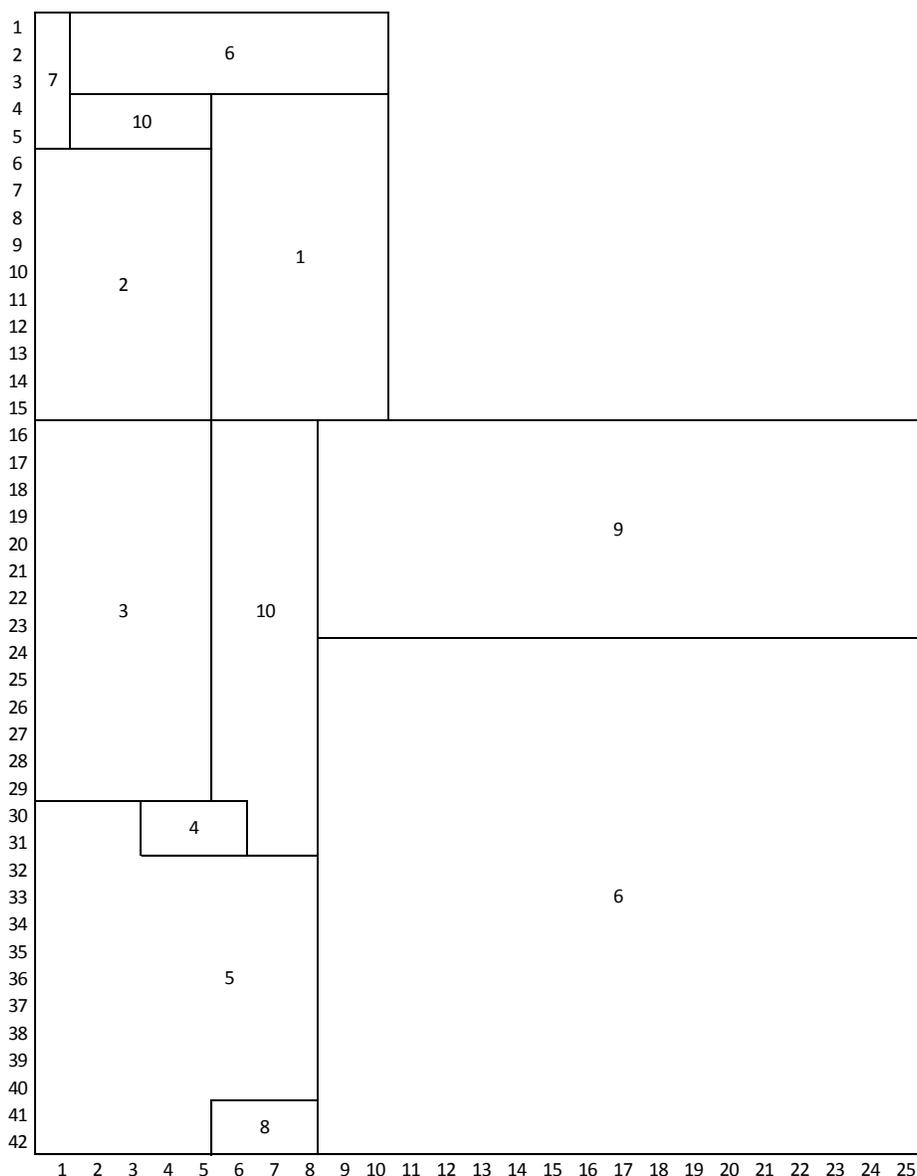
**Tabla 4.23.** *Requerimiento de espacio de los departamentos y/o estaciones de trabajo.*

Con la información de la tabla 4.23 y la figura 4.26 se elabora la figura 4.27, con el propósito de crear ideas y/o propuestas de la nueva distribución para el almacén. Cada bloque de la figura 4.27 representa un área, estación de trabajo y/o personas, y el tamaño es relativo al área requerida.



**Figura 4.27.** *Diagrama de relaciones de espacio.*

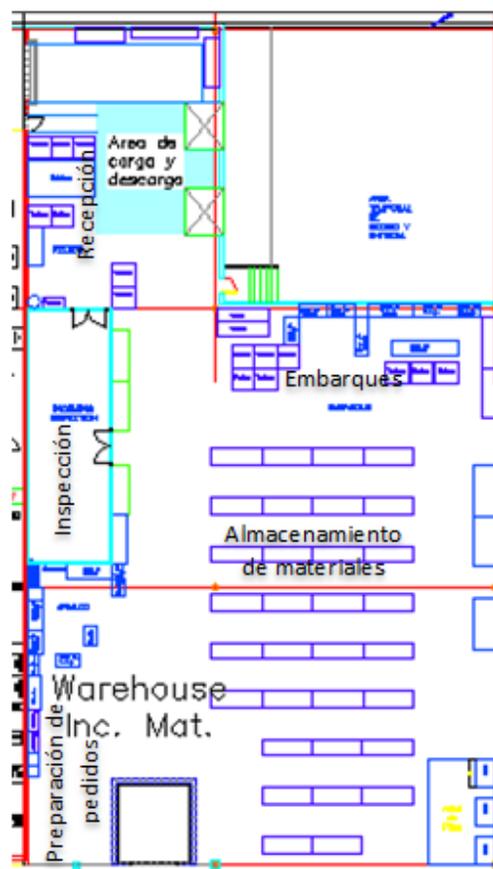
Por último se consideraron las limitaciones prácticas para desarrollar propuestas de distribuciones, las cuales se evaluaron tomando como parámetro el flujo del material e información, a continuación se presenta la figura 4.28, la cual es la propuesta que mejor organiza el flujo de material.



**Figura 4.28.** Diagrama en bloques alternos.

En la figura 4.28 se puede apreciar las áreas destinadas a cada estación de trabajo, departamento o persona. En la Figura 4.29 se puede apreciar las áreas con sus respectivas instalaciones.

Con este nuevo diseño se re-calculan los flujos de materiales e información entre los departamentos, estaciones de trabajo o personas, con lo que se obtuvo una mejora del 47% en distancias recorridas de manera general (ver Anexo 7.4).



**Figura 4.29.** *Diseño propuesto de las instalaciones del almacén.*

Del listado de áreas con que se hizo la distribución de instalaciones, solo se investiga a profundidad el almacén de materiales, debido a que todas las demás áreas es relativamente fácil de modificar su distribución interna. Y la complejidad del almacén de materiales es bastante.

Como se mostró anteriormente, en las figuras de los diagramas de recorridos, los almacenistas desperdician tiempo y traslados innecesarios para preparar las órdenes solicitadas por producción. Por ello, se pretende separar el almacén por departamentos. La problemática surge al tratar de resolver las siguientes interrogantes

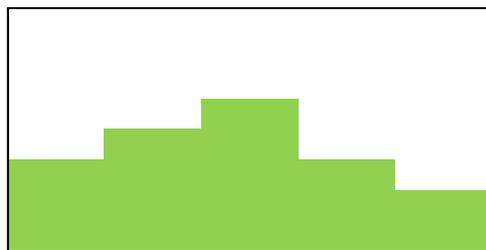
¿Qué espacio se necesita para ubicar todos los materiales de la planta?

¿Qué espacio se necesita cada departamento para ubicar sus correspondientes materiales?

A simple vista estas parecen preguntas sencillas de responder, pero no es así. En primera porque los materiales de los distintos departamentos están distribuidos por todo el almacén, lo que hace muy complejo estimar las preguntas anteriores, además el empaque que maneja la empresa en las materias primas no están estandarizados, ya que cada proveedor manda diferentes cajas aunque sea el mismo número de parte. A continuación se explica de manera general lo que se hizo para aproximar una respuesta a cada pregunta.

Para ubicar todos los materiales de la planta, el espacio se estimó de manera lineal, es decir, en el almacén hay 12 estantes de 12 pies, 3 estantes de 9 pies, y 8 de 4 pies de largo, todos los estantes son de 2.5 pies de ancho. Lo que da como resultado una longitud total de 203 pies. Como los anaqueles de la nueva distribución son de 9 pies de largos, se dividió  $203/9$ , lo que da aproximadamente 23 anaqueles. Entonces el problema de la distribución total del almacén se reduce a acomodar de la mejor manera en 23 anaqueles. Para estimar la segunda pregunta se tomaron como base dos parámetros, un volumen estimado y la demanda del material.

El volumen estimado por departamento se obtuvo al pasar por cada localización, un grupo de 3 personas estimaban a simple vista el porcentaje del volumen total ocupado. En la figura 4.9, se visualiza a que se le denomina localización, en el almacén actual son aproximadamente 830 localizaciones. Por ejemplo, las tres personas venían algo parecido a la figura 4.30, y trataban de estimar que porcentaje del material está ocupando a la localización, ellos opinaban 40, 46 y 48% respectivamente, con estos valores se hacía un promedio, para este ejemplo, aproximadamente 44.5%, así procedieron con cada localización. Además se medía las dimensiones de la localización para obtener el volumen disponible.



**Figura 4.30.** Ejemplo para explicar método de la estimación del volumen ocupado.

Después se efectuó una operación, (el volumen estimado utilizado multiplicado la cantidad de materiales de un respectivo departamento en esa localización esta multiplicación se divide entre el total de materiales de esa localización). El resultado de cada operación se colocaba en una matriz donde los renglones representan las localizaciones y las columnas los departamentos. De esta matriz se obtiene el volumen por cada familia de productos.

Para determinar la demanda del material, se analizaron las salidas de los materiales de los distintos departamentos, por cada mes en el período de marzo a agosto del 2013 se obtenía el movimiento por cada familia de producto y se dividía entre el total de salidas de los materiales y se estimó un promedio de los 6 meses (Ver Anexo 7.5) Ahora bien, para determinar el volumen de cada departamento se explica la tabla 4.24.

Departamento	5622	1226	7696	8389	9057	9662
Volumen utilizado	0.36	0.12	0.11	0.11	0.13	0.15
Demanda	0.28	0.09	0.05	0.06	0.42	0.042
Criterio para volumen	0.2	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9
Crtterio para demanda	0.8	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1
Ponderacion	0.296	0.111	0.092	0.095	0.188	0.1392
Ponderación*Total racks	6.808	2.553	2.116	2.185	4.324	3.2016
Total bahías	13.6	5.1	4.2	4.4	8.6	6.4
Ajuste con expertos	12	6	5	5	8	8

**Tabla 4.24.** *Estimación de la cantidad requerida de estantes por departamento.*

Aparte de los parámetros establecidos se determinó una ponderación para cada uno. Estos criterios se multiplicaban con sus respectivos parámetros dando como resultado una ponderación, la cual se multiplicó por el número total de anaqueles, dando así como resultado el número de anaqueles por cada departamento. Si este valor se multiplica por 2, se obtiene el número de estantes.

Asegurando que la estimación sea correcta se hizo una reunión con el equipo de trabajo del departamento de almacén para ajustar los valores.

La transferencia del almacén se llevó a cabo en el mes de Diciembre del 2013, se esperaba separar los materiales por departamentos conforme a lo planeado, pero debido a problemas externos no fue posible.

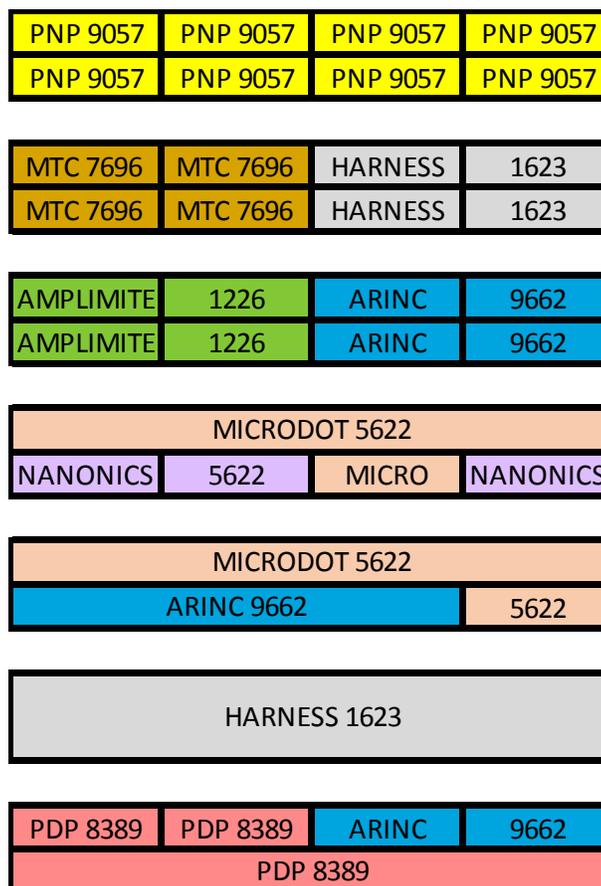
En el mes de enero los materiales estaban de la siguiente manera, ver tabla 4.25.

Grupo anaqueles	1226	1617	1623	7696	8389	9057	9617	9662	5622 Microdot	5622 Nanonics
1	4.7		6.0	0.2	0.6	61.4	3.9	19.2	0.3	0.7
2	1.8	13.0	87.6	83.4	0.6	5.7		1.7	0.7	0.9
3	85.3	10.9		3.5	1.0	12.9	1.7	15.7	2.4	2.4
4	2.1	1.0	3.2	6.7	7.7	4.0	33.7	34.8	34.7	6.2
5	3.9	1.0	2.8	4.3	11.4	13.7	59.1	7.7	61.5	89.1
6		65.8			4.0	0.3				0.4
7	2.1	4.7	0.4	1.9	74.7	2.0	1.1	19.7	0.4	0.4

**Tabla 4.25.** Situación de la distribución de los materiales en porcentaje en el almacén en el mes de Enero del 2014.

Como se observa, el aproximadamente 70% de los materiales están conglomerados en un solo lugar.

En el mes de mayo del 2014 se hacen nuevas estimaciones acerca del volumen por cada departamento para hacer los cambios correspondientes, la aproximación se presenta de forma gráfica en la Figura 4.31.



**Figura 4.31.** Distribución temporal de los materiales en el mes de mayo del 2014.

En la tabla 4.26, se hace una comparación entre la primera estimación donde se contaba con muy poca información, y la segunda, donde la mayor cantidad de los materiales están agrupados.

Distribución	PNP	MTC	AMPLIMITE	ARINC	MICRODOT	NANONICS	PDP	Total
Estimación 1	8	5	6	8	9	3	5	44
Estimación 2	8	4	5	9	10	3	6	45
Diferencia	0	1	1	1	1	0	1	
Porcentaje	100%	75%	80%	89%	90%	100%	83%	88%

**Tabla 4.26.** Comparación entre la estimación de la cantidad de estantes en el 2013 y 2014.

Como se observa en la tabla 4.26, se indica el número de estantes de la estimación 1, el número de estantes de la estimación 2, la diferencia absoluta entre las estimaciones, y el porcentaje de confiabilidad. Se tiene una confiabilidad total del 88%. Para contar con información subjetiva una confiabilidad del 88% parece ser aceptable.

#### 4.3.4 Análisis de los métricos

A partir del mes de enero del 2014 se hizo una plantilla en Microsoft Excel, en la cual se copiaban dos reportes provenientes del sistema SISMA, uno se denomina requisiciones y otro transacciones elaboradas. Con esta plantilla nos resumía la información de la semana e indicaba el número de solicitudes de órdenes requeridas por producción, el número de transacciones disponibles para preparar, el número de transacciones realizadas por día de cada almacenista.

Lo primero que se observó, es que los distintos almacenistas presentaban demasiada variación en sus promedios de transacciones realizadas. Esto se debe a que cada departamento contiene distintos materiales, y para suministrar estos algunos consumen más tiempo que otros.

Para poder conocer, analizar, comparar y predecir las mejoras es necesario estandarizar una medida de evaluación. Para ello primero se decidió hacer un estudio de tiempo de manera específica por familia de producto.

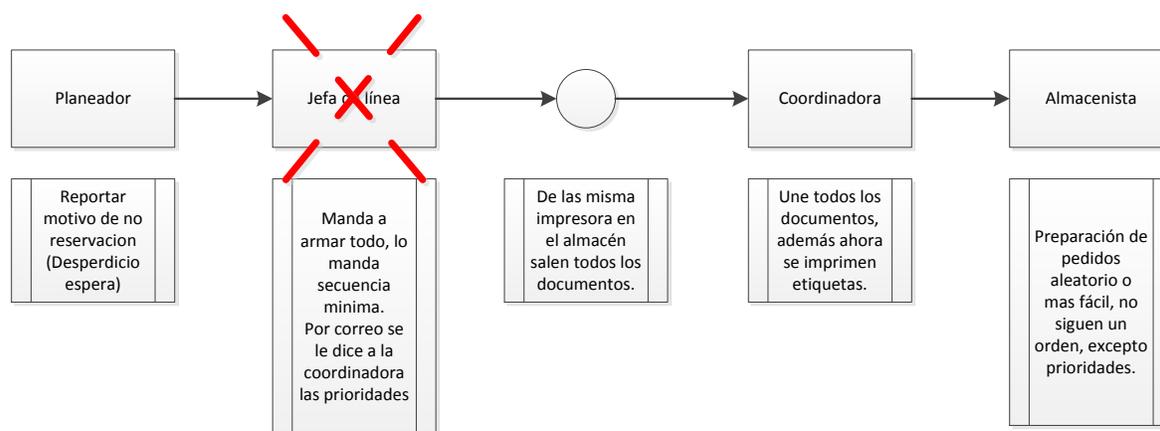
En la tabla 4.27 se muestra la meta que se ha impuesto a cada almacenista por departamento.

Código	Departamento	Meta día
9057	PNP	160
1226	AMPLIMITE	96
9662	ARINC	96
1623	HARNESS	80
6135	MOLDEO	32
8389	PDP	68
9617	SCREW MACHINE	32
7696	MTC	68
1617	KILOVAC	68
5622	MICRO NANO	44

**Tabla 4.27.** Metas diarias de transacciones por departamento.

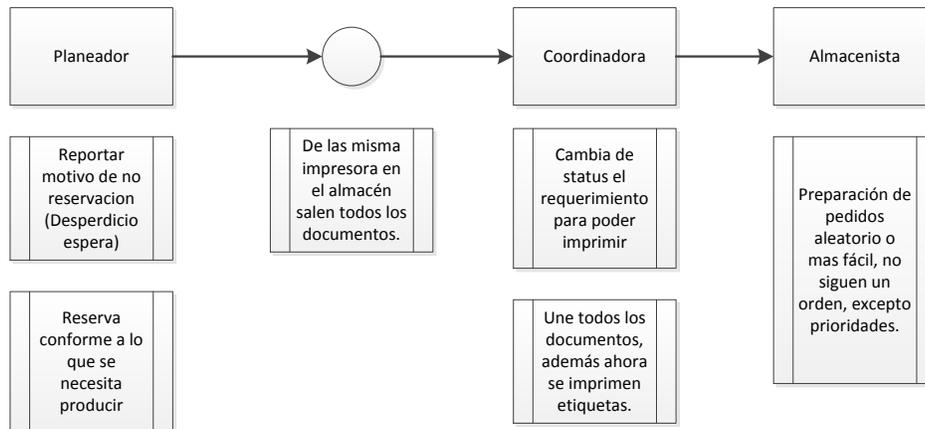
Por esta razón los almacenistas que preparan pedidos de la familia 5622 solamente pueden realizar aproximadamente 44 transacciones, a diferencia de los almacenistas que preparan de la familia 9057, que realizan 160 transacciones. Con estas metas se pueden estandarizar las comparaciones.

Por otra parte se comenzó a analizar la gráfica de órdenes y transacciones disponibles que se solicitan por producción. En este proceso de análisis de los métricos se efectuó una implementación sin analizar por parte de la gerencia. Retomando la figura 4.19, donde se muestra en forma gráfica el proceso de preparación de pedidos desde el área de planeación, se decidió dejar fuera las decisiones de producción, como se muestra en la figura 4.32, ya que el trabajo de planeación estaba siendo ignorado y esto estaba ocasionando que los productos no se embarcarán en el día indicado.



**Figura 4.32.** Mapa simplificado del flujo con rediseño del trabajo, eliminando al departamento de producción en el proceso de preparación de pedidos.

Se consideró que planeación al momento de decidir qué se debe de manufacturar primero y que después, manda a reservar el material en ese orden, después almacén debería de preparar los pedidos solicitados por planeación. Como se muestra en la figura 4.33, planeación reserva conforme se necesita producir, y se supone que almacén lo prepararía en ese orden.



**Figura 4.33.** Mapa simplificado rediseñado sin contar al departamento de producción.

Pero como se observa en la figura 4.33, en la descripción del almacenista, este no sigue orden, solo algunas prioridades. Y no es que no quieran preparar las órdenes conforme a lo planeado, pero no hay ningún sistema o modo de saber en qué orden se debe de suministrar, por esta razón, esta implementación fue un fracaso, ocasionó un descontrol mayor al que había con el proceso anterior. Sin embargo, esta implementación dio la oportunidad de evaluar las órdenes y transacciones requeridas de manera directa, es decir, en ocasiones planeación tardaba días en solicitar una orden, lo que en algún momento podría hacer variar el análisis. Aun así se estudiaron los períodos de marzo-agosto 2013, septiembre-noviembre 2013, enero-abril 2014 (este período no entra producción en el flujo).

En la tabla 4.28 se resume la cantidad de órdenes solicitadas los diferentes días de la semana, se puede visualizar que el día jueves es cuando se reserva más órdenes.

Órdenes	General	Marzo-Agosto	Septiembre-Noviembre	Enero-Abril	Abril
Lunes	35.5	31.7	42.1	40.8	59.5
Martes	37.1	32.9	23.5	50.5	61.8
Miércoles	43.0	35.0	47.0	53.4	54.2
Jueves	46.8	42.8	51.2	68.0	63.0
Viernes	44.2	35.1	50.2	68.8	25.0
Sábado	28.5	24.0	22.0	15.0	0.0
Domingo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Media	39.2	33.6	39.3	49.4	52.7
Diferencia mayor - media	7.6	9.2	11.8	19.3	10.3

**Tabla 4.28.** Número de órdenes promedio reservadas y solicitadas en un día de la semana.

En la tabla 4.29 se resume el número de transacciones, al igual que la tabla que el análisis anterior el día jueves sigue siendo en donde más transacciones se reservan.

Transacciones	General	Marzo-Agosto	Septiembre-Noviembre	Enero-Abril	Abril
Lunes	259.9	200.4	277.5	350.8	465.5
Martes	240.6	192.3	140.8	403.2	484.4
Miércoles	311.6	217.1	376.2	411.2	486.2
Jueves	355.0	271.4	370.5	702.8	745.5
Viernes	353.5	213.4	380.7	729.4	293.0
Sábado	201.9	115.7	139.0	89.7	0.0
Domingo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Media	287.1	201.7	280.8	447.8	494.9
Diferencia mayor - media	67.9	69.7	99.9	281.6	250.6

**Tabla 4.29.** Número de transacciones promedio reservadas y solicitadas en un día de la semana.

Este análisis se efectuó debido a que existen picos en la demanda en el almacén, por lo que en ocasiones no se alcanza a responder en el tiempo establecido por la organización. Lo que se puede concluir de este análisis, es que parte de la responsabilidad de que almacén no pueda cumplir con la demanda es por una mal trabajo de planeación. Además, el departamento de planeación argumenta que no pueden reservar el material, debido a que el área de recepción de almacén no está haciendo bien su trabajo, pero este análisis y los resultados de las implementaciones de la prueba piloto demuestran que no es así. Pero las soluciones planteadas para resolver este problema quedan fuera de la investigación, ya que es responsabilidad y cultura de trabajo de los planeadores desarrollar sus actividades de la forma adecuada, hablar de cambios en la forma de pensar de las personas y de su cultura, es hablar de otra tesis. Más adelante se retoman estos datos para proporcionar

soluciones que se adapten a necesidades y requerimientos de la situación actual, aunque se deja en claro que no son las soluciones óptimas. En el área de recibo también se implementaron gráficas y metas, pero después de los resultados obtenidos en la prueba piloto, el enfoque estaba en el área de preparación de pedidos.

### 4.3.5 Impacto de las políticas de almacenamiento en el flujo de material

En el diagnóstico realizado en la primera etapa se analizó los traslados que se requieren para preparar los pedidos requeridos por producción, a continuación se presenta la figura 4.34 donde se muestran los recorridos para realizar 8 transacciones del departamento de MTC, en donde se requiere trasladarse como mínimo 370 pies y como máximo 450, dependiendo de la ruta que escoja. No siempre se escoge la mejor ruta (la más corta) porque en ocasiones hay otros almacenistas preparando otros pedidos y toman otros caminos.

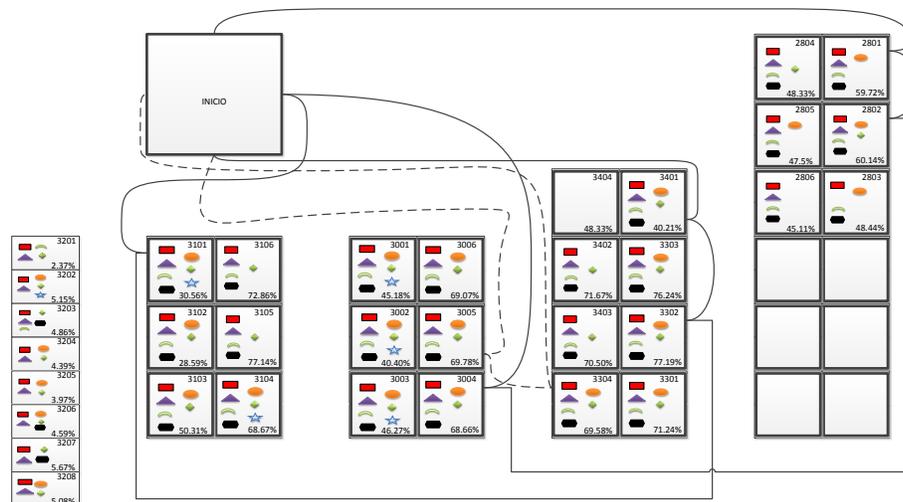


Figura 4.34. Diagrama de recorridos por el departamento MTC (7696).

El principal beneficio de re acomodar por familia de productos son la drástica reducción de traslados. De acuerdo con el re diseño propuesto anteriormente la distancia máxima por recorrer sin importar el número de transacciones, será  $9 \times 4 \times 2 = 72$  pies, si es un departamento con poco volumen de materiales y  $9 \times 4 \times 4 = 144$  pies, si es un departamento con mucho volumen, esto representa una reducción en

la distancia de entre el 300% y el 500%. Solamente con esto se debería justificar la implementación propuesta, pero la alta dirección requiere un análisis con medidas y justificación en tiempos y ahorros.

Por esta razón, se realizó un estudio de tiempos evaluando tres distancias y dos escenarios, es decir, se evaluaron 6 casos con dos personas, una que realizaba los traslados caminando, y la otra ayudado con un montacargas, los resultados se describen en la tabla 4.30.

Escenarios	Cajas ordenadas (15 a 30)		Cajas desordenadas (45 a 60)	
	Caminando	Con montacargas	Caminando	Con montacargas
Misma localización	16	13	41	40
Grupo de bahías	28	49	58	70
Todo almacén	56	95	79	138

**Tabla 4.30.** *Tiempo (segundos) de búsqueda del material en el almacén bajo distintas circunstancias.*

Cabe mencionar que la persona que se evaluó en el montacargas es la más rápida del almacén, y también escogió el montacargas más rápido. Esto se hizo con el propósito de evidenciar las diferencias. Además el estudio se efectuó bajo las condiciones óptimas, es decir, sin tráfico de personas, sin tráfico de otros montacargas, a primeras horas del día, por lo que su capacidad para buscar era buena, pero con una incertidumbre, por más que se le mencionó que buscarán el material como si fuera un proceso normal de su trabajo, los almacenistas lo hicieron de la manera más rápida que pudieron.

Para explicar los resultados se separan los escenarios, en la tabla 4.31 se indica los resultados del escenario con cajas ordenadas, es decir, las cajas están estandarizadas, la etiqueta se encuentra a la vista del lado del pasillo, y no hay más de 30 cajas.

Traslados	Cajas ordenadas (15 a 30)			
	Caminando	Comparación	Con montacargas	Comparación2
Misma localización	16	0.57	13	0.27
Grupo de bahías	28	1	49	1
Todo almacén	56	2	95	1.94

**Tabla 4.31.** *Tiempo (segundos) de búsqueda del material en distintos recorridos con las localizaciones ordenadas.*

Para hacer comparaciones se tomarán como supuestos los peores escenarios. En la tabla 4.31 esta una columna denominada “Comparación”, en donde se toma como

referencia los tiempos obtenidos por grupo de estantes (ver Figura 4.31 para entender la distribución), ya que se está trabajando para acomodar los materiales por departamentos que abarcarán aproximadamente un grupo de anaqueles (de 4 a 8 estantes o bahías).

En el estado actual de los materiales en el almacén al inicio de la investigación era que todos estaban distribuidos aleatoriamente en todas las localizaciones, por lo que buscar un material consume el doble de tiempo a diferencia de acomodarlo en un solo grupo de estantes, ya sea caminando o en montacargas. Ahora bien, en la tabla 4.32 se observa la diferencia entre acomodar los materiales por departamento o por clasificación ABC, debido a que si se acomoda por departamento aleatoriamente, los materiales tendrán la misma probabilidad de estar arriba o abajo, por lo que será necesario en un 70% de las veces a utilizar el montacargas, solo el 30% de las veces la persona podrá alcanzar los materiales (el almacenista solo alcanza el 30% de la altura total de la estante). En cambio si se realiza un análisis de clasificación ABC, el 80% o más de las ocasiones se podrán obtener los materiales sin necesidad de utilizar montacargas debido a que el supuesto del análisis menciona que el 20% de los materiales contribuyen con el 80% de los movimientos. Por lo tanto, los análisis que interesan de la tabla 4.32 son de “todo el almacén” y el de “grupo de estantes”, donde el almacenista se ahorraría un 69.64 y 75% respectivamente, equivalentes a 39 y 21 segundos por transacción. Si la meta de un almacenista es del departamento de PNP es de 160, se tiene un ahorro de 3360 segundos (160 transacciones por 21 segundos de ahorro), equivalente a 56 minutos. Y la meta de un almacenista del departamento de Microdot es de 44, se tiene un ahorro de 924 segundos, equivalente a 15 min.

Cajas ordenadas (15 a 30)			
Traslados	Caminando	Con montacargas	Diferencial
Misma localización	16	13	-18.75%
Grupo de bahías	28	49	75.00%
Todo almacén	56	95	69.64%

**Tabla 4.32.** Comparación entre los tiempos de búsqueda con localizaciones ordenadas, caminando o con montacargas.

Las condiciones del almacén permitieron evaluar y comparar los resultados de la búsqueda cuando no se establecen reglas en el acomodo del material en las localizaciones. En la tabla 4.33 se indican las comparaciones de búsqueda de material cuando las ubicaciones contienen más de 45 cajas, y las etiquetas de estas no son visibles a simple vista.

Cajas desordenadas (45 a 60)				
Traslados	Caminando	Comparación	Con montacargas	Comparación2
Misma localización	41	0.71	40	0.57
Grupo de bahías	58	1.00	70	1.00
Todo almacén	79	1.36	138	1.97

**Tabla 4.33.** *Tiempo (segundos) de búsqueda del material en distintos recorridos con las localizaciones desordenadas.*

Como se observa en la tabla 4.33, las búsquedas de los materiales caminando en un grupo de estantes se incrementa en solo un 36% al buscar en todo el almacén, equivalentes a 21 segundos, esto valor es relativamente pequeño debido a que las dimensiones del almacén son relativamente pequeñas. Por otro lado, en el caso de las búsquedas en el montacargas, si se incrementa al doble buscar por todo el almacén a diferencia de buscar en un grupo de estantes, equivalente a 68 segundos. Y en la tabla 4.34 se observa la comparación entre ubicar por departamento de manera aleatoria o por medio de un análisis ABC.

Cajas desordenadas (45 a 60)			
Traslados	Caminando	Con montacargas	Diferencial
Misma localización	41	40	-3.64%
Grupo de bahías	58	70	22.46%
Todo almacén	79	138	75.13%

**Tabla 4.34.** *Comparación entre los tiempos de búsqueda con localizaciones desordenadas, caminando o con montacargas.*

Además, como se mencionó anteriormente, el material quedó acomodado por familia de productos en un 70% de su volumen. Por lo que se decidió esperar 3 meses para verificar como influía esto en el flujo de material.

Para poder comparar la mejora obtenida se explica la tabla 4.35, donde se muestran las transacciones promedio de los distintos períodos evaluados.

Período	Transacciones promedio	Incremento con respecto primer periodo	Incremento con respecto segundo periodo
Periodo Marzo-Agosto	67		
Periodo Septiembre-Noviembre	75	11.94%	
Periodo Enero-Abril	134	100.00%	78.67%
Periodo Febrero-Abril	136	102.99%	81.33%

**Tabla 4.35.** Comparación entre las transacciones promedio reales entre los distintos períodos.

Como se muestra en la tabla 4.35, el promedio de transacciones hechas por los almacenistas en el período de referencia (Marzo-Agosto 2013) es de 67, en el período de la prueba piloto (Septiembre-Noviembre) se incrementó a 75, y en el período de Enero-Abril creció a 134, el doble al de período de referencia. Pero esta información no es válida del todo, debido a que son promedios generales, hay materiales de los distintos departamentos más difíciles de preparar que otros, por esto se hizo un ajuste, a cada departamento se le asignó una meta, en base a este valor se hicieron conversiones equivalentes entre los materiales de las familias de productos con el propósito de hacer comparaciones más justas. Como se muestra en la tabla 4.36, se indican las transacciones promedio equivalentes que cada almacenista puede efectuar (los promedios se incrementaron debido a que el valor como base fue la meta del departamento de PNP).

Período	Transacciones promedio	Incremento con respecto primer periodo	Incremento con respecto segundo periodo
Periodo Marzo-Agosto	108		
Periodo Septiembre-Noviembre	124	14.81%	
Periodo Enero-Abril	155	43.52%	25.00%
Periodo Febrero-Abril	158	46.30%	27.42%

**Tabla 4.36.** Comparación entre las transacciones promedio equivalentes (relativas) entre los distintos períodos.

Como se menciona, en la tabla 4.36, se señala las transacciones promedio en cada período, donde se observa que se ha incrementado el número transacciones que un almacenista puede realizar al día. Con respecto al período de referencia y el período de la prueba piloto, Marzo-Agosto y Septiembre-Noviembre, se observa un aumento del 14%, mientras que del período de referencia al período de Febrero-Abril se observa un incremento del 46%. Pero en el lapso de tiempo de Septiembre-

Noviembre en comparación a Febrero-Abril, existe un incremento del 27%. Debido a estos resultados se decidió terminar de re acomodar los materiales del departamento de PNP, y evaluar los resultados, pero ahora acomodando los materiales por medio del análisis de clasificación ABC. Esta reubicación se efectuó el último fin de semana del mes de Marzo del 2014. A continuación se presenta la tabla 4.37, donde se compara las transacciones y órdenes de producción realizadas por los almacenistas en los meses de Enero-Marzo con respecto a Abril. El departamento de PNP fue seleccionado por dos razones, el primero es porque existen almacenistas dedicados únicamente a preparar pedidos de esta línea, y segundo, debido a que es el departamento más crítico de la planta.

Período	Transacciones (materiales)	Órdenes	Transacciones + Órdenes
Enero-Marzo	155.0	15.3	170.3
Abril	203.7	17.5	221.3
Incremento	31.4%	14.4%	29.9%

**Tabla 4.37.** Comparación entre las transacciones promedios del departamento de PNP.

Como se señala en la tabla 4.36, con la propuesta de localizar el material por departamento (aproximadamente el 70% se logró ubicar correctamente) se mejora la productividad en un 26% aproximadamente, y de acuerdo con la tabla 4.37, se le agrega análisis de clasificación ABC a la reubicación por departamento, es decir, el 100% de los materiales de PNP están en un solo grupo de 4 anaqueles, con esto se logra mejorar la productividad en un 30% aproximadamente sobre este departamento.

Al recabar toda la información, análisis, propuestas de mejora y resultados obtenidos, se logró convencer a la alta gerencia de invertir verdaderamente tiempo, esfuerzo y recursos para realizar un evento Kaizen en donde se desarrolle la metodología propuesta, adaptándola con la manera de trabajar del departamento de Mejora continua de TE Connectivity (TEOA, que significa Tyco Electronics Operational Advantage). Cabe mencionar que anteriormente se había estado trabajando en colaboración con el equipo de TEOA, almacén y otros departamentos de soporte, pero sin contar con el compromiso de la alta gerencia.

#### **4.3.6 Diagnóstico, análisis, rediseño e implementación de propuestas de mejora en los procesos de almacén.**

A continuación se describe el evento Kaizen para mejorar el flujo de materiales e información en las diferentes áreas del almacén. En la primera sesión formal se revisó el diagnóstico, análisis y resultados obtenidos hasta el momento. Esta sesión se llevó a cabo el día 27 de marzo del 2014, los participantes fueron personas de distintos departamentos de la planta, estaban presentes la coordinadora de preparación de pedidos, el supervisor de embarques, el encargado de recepción, el supervisor de inspección, el supervisor general de almacén, jefas de línea de producción, supervisores de producción, ingenieros de producción, ingenieros de calidad, el ingeniero de seguridad e higiene, planeadores, y gerentes de planta. A excepción de los gerentes, todos los participantes se integraron al equipo de trabajo, esto se hizo con el propósito de abarcar la problemática del flujo de material desde todas las perspectivas posibles.

Cabe destacar que los participantes externos al almacén se capacitaron en las herramientas y técnicas del TEOA de la planta, mismas que se han utilizado y se desarrollarán más adelante.

Para analizar la situación actual y tener las bases de comparación del estado futuro deseado, el departamento de almacén se dividió en las siguientes secciones: recibo de material, inspección, preparación de pedidos, embarques y AR's o AGR's (material de empaque y de soporte). Evidentemente las únicas áreas en donde se presentó un análisis formal y resultado fueron las primeras tres. En las áreas de embarques y AR's se analizó la situación con las percepciones de las personas, pero en todas las secciones del almacén se trataba de identificar las oportunidades de mejora o los problemas recurrentes que se estaban presentando en ese momento.

Lo anterior quedó documentado en un archivo, denominado plan de trabajo, con necesidades, problemas u oportunidades de mejora. Como se menciona anteriormente, debido a los resultados positivos obtenidos hasta el momento se

decidió también llevar a cabo la metodología propuesta a las áreas de embarque y AR's.

La segunda sesión tuvo lugar el 31 de marzo del 2014, en esta junta se asignaron áreas y acciones que se comentaron en la primera sesión. El propósito de la reunión fue el conocer quiénes serán los responsables de dar seguimiento a las actividades y presentar los avances de los distintos proyectos. En la tercera sesión (7 abril) se desglosaron y mapearon las actividades de preparación de pedidos, con el propósito de informar a todo el equipo de trabajo la manera de laboral de esta área. Esta fue la primera reunión solamente con el equipo de preparación de pedidos, también se trataron los siguientes puntos: breve análisis de situación actual, identificación de oportunidades de mejora dentro del proceso, lluvia de ideas y plan de acción. Después se hizo una sesión donde se replicó lo anterior, pero esta vez con el equipo de embarques (12 de abril). El día 26 de abril se llevó a cabo la quinta sesión, en la cual se dió una pequeña inducción sobre fábrica visual, 5S's+1 y diseño de instalaciones, que se puso en práctica ese mismo día. Hasta este momento ya han expuesto varias necesidades, problemas y oportunidades mejora para el área de preparación de pedidos, inclusive muchas de estas ya se han implementado, por ejemplo fábrica visual, 5S's+1, diseño de instalaciones, delimitación de las áreas, establecimiento de metas, re ubicación de los materiales de PNP incluyendo el análisis de clasificación ABC, y cambios en el sistema custom con el propósito de conocer a que departamento pertenece cada material que se recibe y de esta manera se ubique donde corresponde, cambiar a almacenistas a turnos de 24 horas (trabajar 4 días 12 horas y descansar 3 días), y elaboración de un plan de producción (pre plan) para adelantar la preparación de pedidos el fin de semana (aquí va incluido las órdenes que son prioridades, y la ordenación de las demás solicitudes), y los almacenistas tomaron la responsabilidad de tomar uno o varios departamentos en el proceso de preparación de pedidos con la finalidad de dar seguimiento a las ordenes por cada familia de productos. Por último, después de esta sesión de plasmaron en un archivo en Excel las acciones pendientes de realizar del área de preparación de pedidos.

En la sexta sesión (2 de mayo) fue con el propósito de dar seguimiento a los pendientes que quedaron en la sesión pasada, además de programar fechas de implementación.

En la séptima sesión se dio seguimiento a los pendientes, y se abordó un análisis y diseño de la nueva distribución del almacén. Esta reunión fue con el objetivo de revisar las áreas (pies cuadrados) y localización que se le asignará a cada una de las áreas de almacén. Los puntos a considerar fueron los siguientes

- Recibo. Espacio necesario para recibo de Componentes (área de transferencia), número de estaciones de recibo, localización ideal.
- AR's. Espacio necesario para componentes AR's, anaqueles necesarios para su localización, localización de refrigeradores, localización ideal.
- Preparación de pedidos: Cantidad de anaqueles necesarios para la localización de componentes por familias de productos, número de estaciones, espacio necesario aproximado, etc.
- Inspección. Material en espera y Material de re trabajo, espacio necesario para estos materiales, localización ideal.
- Componentes Especiales: Espacio necesario y localización ideal.
- Embarques. Espacio necesario para material terminado y cantidad de anaqueles, espacio necesario para material de PNP, número de estaciones de trabajo.

Durante esta reunión, se plasmaron estas áreas dentro de la nueva distribución de manera general, el detalle de cada uno de los procesos se revisará después con cada uno de los equipos.

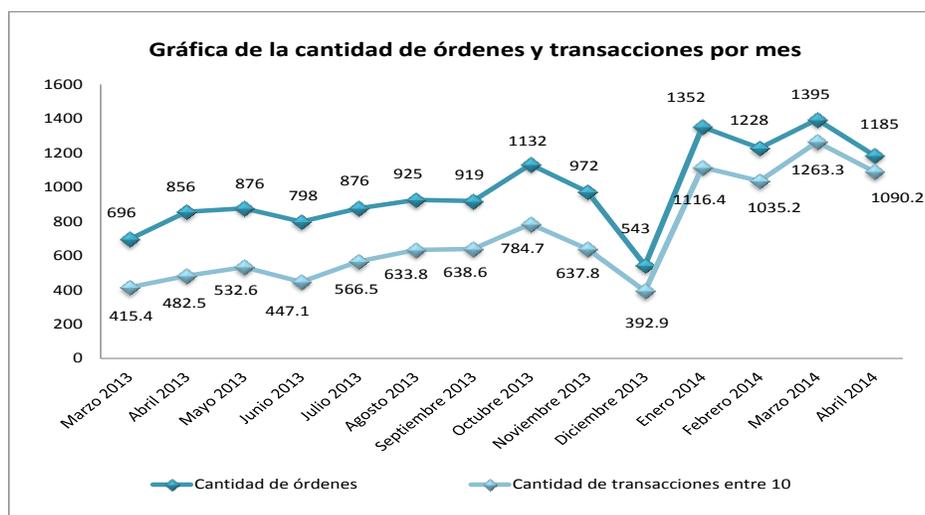
El sábado 17 de mayo en la octava sesión se trabajó con la distribución a detalle del área de embarques. En el mes de junio se efectuó la transferencia de embarques para su nueva área de trabajo. Y el día 21 de junio se trabajó en un diseño de instalaciones para el área de recepción, debido a que como ya se ha mencionado antes, se espera que la organización crezca, este crecimiento será de un 100% aproximadamente. En cuanto al área de recepción, se espera atender recibir el volumen de un tráiler completo.

Además de estas sesiones de trabajo, semanalmente se hacía un seguimiento sobre el estatus general de las acciones y/o proyectos, así como retroalimentación de los recursos que se necesitan para poder culminar el trabajo.

#### 4.3.7 Análisis y resultados del flujo de material e información en el proceso de preparación de pedidos

Como se describió en la sección anterior se llevaron a cabo varias reuniones, en las cuales se desarrollaron e implementaron varias propuestas. La evaluación de los indicadores de la preparación de pedidos se llevó a cabo después de la sexta reunión, es decir, el período para analizar el impacto de las mejoras en los indicadores fue de Mayo y Junio del 2014.

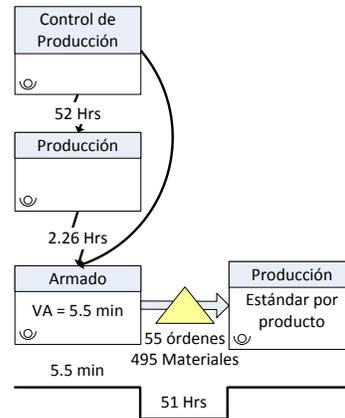
Un factor externo que afecta de manera directa es la cantidad de órdenes y transacciones que se demandan al almacén. En la Figura 4.35 se muestra la tendencia del crecimiento en la cantidad de órdenes y transacciones.



**Figura 4.35.** Cantidad de órdenes y transacciones por mes.

En la Figura 4.35, la cantidad de transacciones se dividió entre 10, para resaltar la similitud con la cantidad de órdenes. Como se observa en la figura, existe una pendiente de crecimiento, y se espera que tanto el número de órdenes y transacciones se incremente en los próximos años. Bajo este esquema se trabajó para mejorar el flujo de material.

A pesar de algunos esfuerzos aislados que se mencionaron anteriormente, como no incluir al departamento de producción para solicitar los requerimientos de material, reacomodar la familia de PNP en un solo grupo de anaqueles, entre otros, no fueron suficientes para mejorar el flujo de material, e inclusive, el no incluir al departamento de producción fue perjudicial para el flujo. En la Figura 4.36 se muestra el VSM con los indicadores en el período de Enero-Abril del 2014.



**Figura 4.36.** VSM del proceso de preparación de pedidos antes de la implementación de las mejoras. Como se observa en la Figura 4.36, el tiempo que transcurre desde la reservación hasta la solicitud del requerimiento disminuyó con respecto a los períodos anteriores, pero el tiempo desde que se imprime el requerimiento hasta que se prepara el pedido se incrementó al doble, es decir, el tiempo de respuesta del departamento de preparación de pedidos disminuyó en un 40%. En la tabla 4.38 plasman los indicadores en los distintos períodos.

Período	Control de Producción-Producción	Producción-Almacén	Almacén-Producción	Total	Incremento tiempo
Marzo-Agosto 2013	95.0	5.3	23.8	29	
Septiembre-Noviembre 2013	77.6	1.3	25.1	26	-9.8%
Enero-Abril 2014	53.3	2.3	50.4	53	80.5%

**Tabla 4.38.** Comparativo de los indicadores del flujo de material e información del proceso de preparación de pedido.

Como se observa en la tabla 4.38, en el período de Septiembre-Noviembre se mejoró el flujo en un 9.8%, pero en el período de Enero-Abril el flujo empeoró en un 80.5% con respecto al período Marzo-Agosto. Esto se debió al incremento de transacciones

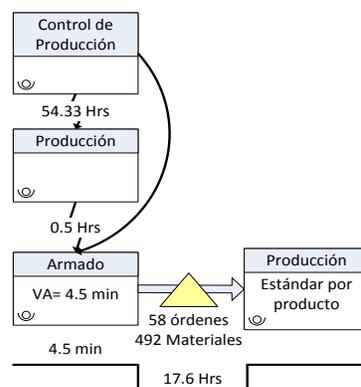
y órdenes. En la tabla 4.39 se señalan la cantidad de órdenes y transacciones solicitadas en los distintos períodos.

Período	Transacciones	Órdenes	Total	Incremento
Marzo-Agosto 2013	5130	825	5955	-
Septiembre-Noviembre 2013	6870	1001	7871	32.2%
Enero-Abril 2014	11263	1289	12552	110.8%

**Tabla 4.39.** Comparativo de la cantidad de órdenes y transacciones en los distintos períodos.

En la tabla 4.39 se observa como en el período de Septiembre-Noviembre se incrementó la demanda de transacciones y órdenes en un 32% y fue posible mejorar el flujo, pero en el período de Enero-Abril el incremento fue de 110%, por lo que la capacidad del departamento de almacén no era suficiente para ofrecer un buen servicio.

Ahora bien, después de la implementación de la mayoría de las propuestas, y dándole seguimiento a otras necesidades y/o problemas que se presentaban en el área de preparación de pedidos. En los meses de Mayo y Junio se evaluaron de nuevo los indicadores para analizar y evaluar la eficacia del trabajo en equipo en los eventos Kaizen. En la figura 4.37 se muestra el VSM con los nuevos tiempos.



**Figura 4.37.** VSM del proceso de preparación de pedidos después de la implementación de las mejoras.

Como se visualiza en la figura 4.37, hay buenos resultados después de las implementaciones, que ayudan a cumplir con los objetivos planteados por la organización. En la tabla 4.40 se colocan los indicadores del flujo de material e información en los distintos períodos.

Período	Control de Producción- Producción	Producción- Almacén	Almacén- Producción	Total	Incremento tiempo
Marzo-Agosto 2013	95.0	5.3	23.8	29.2	
Septiembre-Noviembre 2013	77.6	1.3	25.1	26.3	-9.76%
Enero-Abril 2014	53.3	2.3	50.4	52.7	80.54%
Mayo-Junio 2014	54.3	0.5	17.6	18.1	-37.94%

**Tabla 4.40.** Comparativo de los indicadores (unidad de medida es horas) del flujo de material e información del proceso de preparación de pedidos.

Como se muestra en la tabla 4.40, se obtuvo una mejora en el flujo equivalente a un 37.94%, es decir, los tiempos de procesamiento entre actividades disminuyeron del período de prueba (Marzo-Agosto) al período de Mayo-Junio; cabe destacar que el número de órdenes y transacciones se incrementaron al doble. Las soluciones que contribuyeron a alcanzar este resultado fueron fábrica visual, 5S's+1, delimitación de las áreas, establecimiento de metas, reubicación de los materiales de PNP incluyendo el análisis de clasificación ABC, y cambios en el sistema custom con el propósito de conocer a qué departamento pertenece cada material que se recibe y de esta manera se ubique donde corresponde, cambiar a almacenistas a turnos de 24 horas (trabajar 4 días 12 horas y descansar 3 días), y elaboración de un plan de producción (pre plan) para adelantar la preparación de pedidos el fin de semana (aquí va incluido las órdenes que son prioridades, y la ordenación de las demás solicitudes), y los almacenistas tomaron la responsabilidad de tomar uno o varios departamentos en el proceso de preparación de pedidos con la finalidad de dar seguimiento a las ordenes por cada familia de productos. Los tiempos obtenidos no son lo único importante, el orden en que se está trabajando ahora, es decir, los pedidos que son más urgentes y/o principales se preparan primero, después los menos importantes. Por último se presenta la tabla 4.41, que señala el tiempo de respuesta desde que se solicita una orden, hasta que se prepara, la desviación del proceso y el porcentaje de cumplimiento con la meta.

Período	Ordenes por mes	Transacciones por mes	Ordenes armadas en tiempo	Tiempo de respuesta medio (promedio)	Desviación estándar
Marzo-Agosto	825	5130	44%	29	16
Septiembre-Noviembre	1001	6870	58%	26	11
Enero-Abril	1289	11263	42%	53	20
Mayo-Junio	1310	11069	72%	18	9

**Tabla 4.41.** Comparativo de los indicadores del flujo de material e información del proceso de preparación de pedidos.

Como se muestra en la tabla 4.41, los tiempos en el flujo después de la implementación de las herramientas de manufactura esbelta y diseño de instalaciones se han mejorado, así como la variación entre los procesos. También se muestra el porcentaje de cumplimiento con la meta establecida por la organización, y aunque solo se ha alcanzado el 72%, se espera llegar al 80% o más en los próximos meses. También se puede apreciar que la intensidad del trabajo se ha incrementado, pero con el uso de las herramientas y métodos utilizados se ha logrado mejorar.

#### **4.3.8 Modelación y simulación del impacto de las políticas de almacenamiento en los tiempos de búsqueda.**

Para culminar con la investigación se regresa a la validación de los indicadores del flujo de material en las actividades de recepción y ubicación, y como las estrategias y políticas en estas áreas impactan en la preparación de pedidos. TE Connectivity se rige por la política de almacenamiento aleatorio, es decir, los materiales que llegaban al almacén se podían almacenar en cualquier localización disponible. Por ello, el primer paso fue realizar un diagnóstico donde se analizó los traslados que se requieren para preparar los pedidos requeridos por producción. Una vez determinada la distancia de los traslados, se decidió cambiar la política, de almacenamiento aleatorio a almacenamiento por clase, pero para ello, el cambio se efectuó poco a poco. Primero se adoptó la política de almacenamiento por familia de productos, el principal beneficio de reacomodar por familia de productos es la drástica reducción de traslados que se analizó en el punto “4.3.5 Beneficios de reacomodar los materiales por familia de productos”; la segunda política que se adoptó, fue almacenamiento por clase, es decir, dentro de la familia de productos se realizó un

análisis ABC con la finalidad de ubicar los materiales de mayor uso en la parte inferior de los estantes para reducir el uso del montacargas. Retomando los datos de la tabla 4.35, se le agrega los resultados de las transacciones en el mes de abril, se presenta a continuación la siguiente tabla.

Período	Política	Transacciones
Período Septiembre-Noviembre	Almacenamiento aleatorio	75
Período Enero-Marzo	Almacenamiento por familia	134
Período Abril	Almacenamiento por clase (Clasificación ABC)	176

**Tabla 4.42.** Comparación entre las transacciones promedio reales entre los distintos períodos con su respectiva política de asignación de almacenamiento.

En la tabla 4.42 se observa el periodo evaluado, la política de asignación de almacenamiento y el número de transacciones realizadas, esta información se combina con la tabla 4.30, lo que da como resultado la figura 4.38.

Para buscar los materiales, los almacenistas invierten aproximadamente 2 horas, por lo que el número de transacciones capaces de efectuar está relacionado el tiempo de búsqueda del material.

En la figura 4.38 se indica primeramente el número de transacciones promedio que puede efectuar un almacenista en una jornada laboral. Además, se estima que debido a las condiciones del almacén (en el primer período, almacenamiento aleatorio), los empleados pueden buscar y preparar el 33% los materiales sin ayuda del montacargas, por lo que el 67% de los materiales necesitaran de medio de transporte. Por ejemplo, en el primer período un almacenista realiza 75 transacciones, de las cuales el 33% buscó el material sin ayuda del montacargas y el 67% con la ayuda del montacargas, lo que equivale a 25 y 50 transacciones respectivamente. Además, la mitad del almacén tiene localizaciones con menos de 30 cajas, un parámetro importante que se debe de considerar dentro de las políticas de almacenamiento. Por último, se integra la información de la tabla 4.30, los tiempos estimados para buscar un material con y sin la ayuda de un montacargas, en localizaciones con menor a 30 cajas o mayor a 31 cajas, ya sea en todo el almacén o por grupo de estantes. El primer resultado equivalente a minutos que se tiene de la

figura 4.38, es el tiempo de búsqueda por tener la política de almacenamiento aleatorio por todo el almacén, en el cual se invierte 125 minutos para buscar las 75 transacciones.

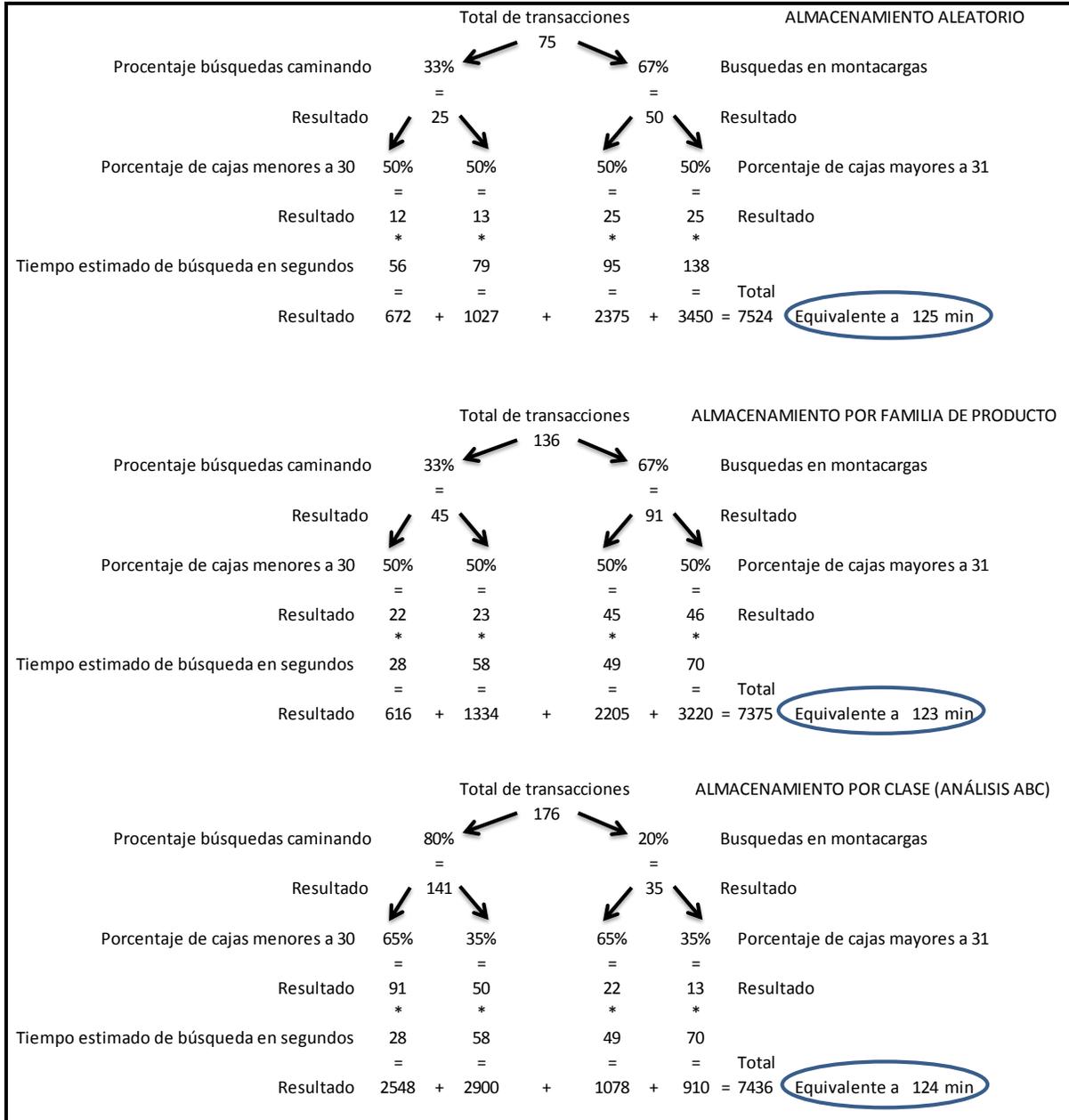
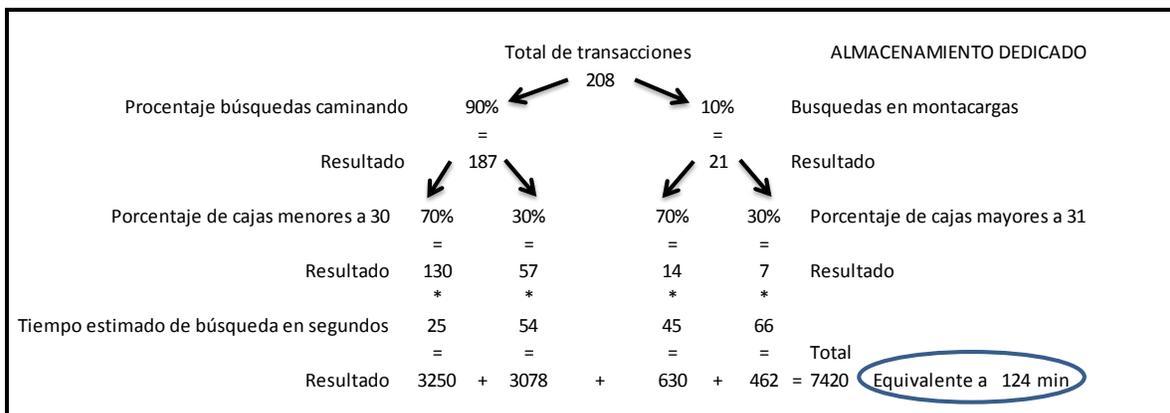


Figura 4.38. Validación de los tiempos de búsqueda de materiales en relación con las transacciones efectuadas.

Como se observa en la figura 4.38, el segundo resultado es 123 minutos aproximadamente, siendo que el número de transacciones aumento a 136, esto fue

debido a que se utilizó almacenamiento por familia de productos, y los tiempos de búsqueda disminuyeron debido a que el almacenista ya no busca en todo el almacén, solo en una pequeña parte. Y en la última parte, los tiempos de búsqueda es similar, equivalente a 124 min, esto se debe a que el almacenista busca el material en una pequeña parte del almacén porque se utilizó la política de almacenamiento por clase, para ello se efectuó una zonificación ABC, donde los productos de mayor uso se colocan abajo (no se necesita montacargas), y los de menor uso de colocan en las partes altas de los estantes (se necesita montacargas). Uno de los principios de este análisis, es que el 20% de los materiales representa el 80% de los movimientos, por eso el indicador de 33% se cambió por el de 80%. Además se determinó no ubicar más de 30 cajas por localización, debido a esto el número de localizaciones con menor a 30 cajas se incrementó a un 65%. En la figura 4.38 se puede apreciar que el tiempo promedio de búsqueda de material en el almacén se mantienen muy parecido a pesar de que el número de componentes a buscar se va incrementado, con estadística básica se puede demostrar el impacto que tienen las políticas de almacenamiento en la preparación de pedidos. Por otra parte, si la política que rigiera al almacén es almacenamiento dedicado se estima que el número de transacciones podría incrementarse a 208, los cálculos se indican en la Figura 4.39.



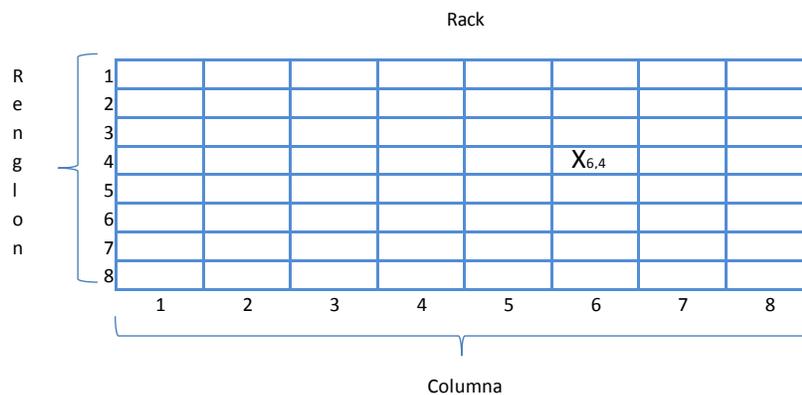
**Figura 4.39.** Estimación de número de transacciones promedio por almacenista con almacenamiento dedicado.

En la Figura 4.39 se estima el número de búsquedas que se podrían efectuar si la política que se adoptara fuera almacenamiento dedicado. Los materiales de la familia

de productos de PNP se deberían de colocar en ubicaciones específicas, se debe de considerar el volumen de la caja, la cantidad de materiales por caja, el número de cajas, la frecuencia de uso, relación productos/materiales, entre otras. Por lo que se estima que el 90% de las transacciones se pueden realizar sin montacargas, el número de materiales por localización disminuye (hay más cajas, pero menos materiales), y se incrementa la cercanía de los materiales por productos, por lo que el tiempo de búsqueda disminuye.

Para validar la estimación anterior y poder realizar futuras estimaciones se desarrolló un algoritmo genético que simule y ejemplifique el impacto que tiene las diferentes políticas de almacenamiento en el tiempo que se necesita para buscar y preparar los materiales requeridos en producción.

El primer paso para desarrollar el algoritmo fue aterrizar el problema de manera que se pudiera traducir a líneas de código que representen la realidad de forma objetiva. El primer obstáculo fue representar los estados del sistema de manera correcta, para ello se partió del que el departamento de PNP incluye “n” materiales los cuales se distribuyen en una anaquel de 8x8, por lo tanto un material puede ser representado por un  $X_{ij}$ , donde X representa el material, el subíndice i representa la ubicación en la columna del anaquel y el subíndice j representa la ubicación en el renglón del anaquel, tal como se muestra en la Figura 4.40.



**Figura 4.40.** Representación del almacenamiento de materiales en el almacén.

Esta representación se asemeja bastante a la realidad, el siguiente paso es determinar el número de estados posibles en el sistema y la función de costo. Bajo

esta representación no se podría estimar de manera sencilla los dos parámetros anteriores. Por ello después de un análisis se determinó que la mejor representación sería  $X_i$ , es decir, todos los materiales se colocarían en un vector.

El número posible de estados es  $n$  factorial, para el departamento de PNP se consideraron 177 materiales. Si se supone que una computadora puede analizar el costo de un estado en .001 segundo, si se quiere estimar el costo para todos los estados de un problema de 14 materiales, la computadora tardaría aproximadamente 2.7 años, para calcular el costo de todos los estados para un sistema de 17 materiales, una computadora tardaría 11 milenios.

La función de costo está determinada por la ecuación 4.1:

$$\text{Costo} = 20 - (2 \text{ si } \text{rack}[i][j] = \text{rack}[k][t] \text{ y } \text{len}(\text{rack}[i][j][\text{"cajas"}]) < 30, 1 \text{ si } \text{rack}[i][j] = \text{rack}[k][t] \text{ y } \text{len}(\text{rack}[i][j][\text{"cajas"}]) \geq 30) + (3 * (\text{distancia}(\text{material1}, \text{material2})) \text{ si } \text{material2} \text{ está abajo, } 5 * (\text{distancia}(\text{material1}, \text{material2})) \text{ si } \text{material2} \text{ está arriba) + (20 \text{ si } \text{material2} \text{ está arriba, } 0 \text{ si } \text{material2} \text{ está abajo) + self.num\_cajas} / 2.3$$

Ecuación 4.1

Para buscar un material en el almacén, el operador tarda en promedio 20 segundos, si el material está en la misma ubicación en la que acaba de buscar el material anterior y la ubicación contiene menos de 30 cajas se le resta dos segundos a la función de costo, en cambio se le resta menos un segundo si el material está en la misma ubicación que el material anterior y la ubicación contiene más de 30 cajas. Además, se calcula la distancia de Manhattan entre el material1 y el material2, agregándose 3 segundos por cada unidad obtenida en la distancia si el material está al alcance de la persona sin usar montacargas, en cambio sí para alcanzar el segundo material hay que utilizar montacargas se le agregan cinco segundos a la función de costo por cada unidad recorrida en la distancia de Manhattan. Si el segundo material se recupera con ayuda de montacargas se le agregan 20 segundos adicionales. La última parte de la función de costo es el cociente del número de cajas entre 2.3, es decir, entre más cajas sean más tardará el almacenista en encontrar el material deseado.

La ecuación de costo se estableció y validó con datos experimentales, mismos que se presentan en la tabla 4.30.

Para solucionar el problema se programan tres clases, el dominio de problema, una clase auxiliar, y el algoritmo genético. Se verifican las tres clases con ejemplos sencillos validando que los algoritmos funcionen correctamente. Cuando la información que arroja es correcta se procede a hacer las pruebas correspondientes. Los primeros resultados que se obtuvieron se presentan en la tabla 4.43.

Mes	Materiales	1	2	3	Promedio
Enero	10216	975497	994029	1133535	1034354
Febrero	10951	1014059	1078679	1160243	1084327
Marzo	13539	1239690	1206128	1338145	1261321
Abril	11190	1116611	1137104	1096444	1116720
Mayo	12046	1202343	1212044	1270477	1228288
Junio	8384	914945	794047	942800	883931
<b>Total</b>	<b>66326</b>	<b>6845913</b>	<b>6775470</b>	<b>6837219</b>	<b>6819534</b>

**Tabla 4.43.** Tiempo estimado en segundos necesarios para buscar los materiales en cada mes con la política de almacenamiento aleatorio.

En la tabla 4.43 se indica el tiempo estimado necesario para buscar los materiales en el almacén cuando la distribución es aleatoria. Para calcular el tiempo estimado se cargaron las órdenes de trabajo con sus respectivos requerimientos de material en un archivo en Excel, y se ejecutó el programa. Después se ejecutó el programa con una pequeña modificación, ahora en vez de distribuir los materiales de manera aleatoria por el almacén, ahora el programa distribuiría los materiales por familia de producto y de manera aleatoria en el grupo de anaqueles.

En la tabla 4.44 se presentan los resultados.

Mes	Materiales	1	2	3	Promedio
Enero	10216	513958	490111	515973	506681
Febrero	10951	544690	567743	568163	560199
Marzo	13539	693412	722287	677327	697676
Abril	11190	584239	597796	553521	578519
Mayo	12046	574672	577599	605571	585948
Junio	8384	444535	430272	454078	442962
<b>Total</b>	<b>66326</b>	<b>3313736</b>	<b>3337471</b>	<b>3175935</b>	<b>3275714</b>

**Tabla 4.44.** Tiempo estimado en segundos necesarios para buscar los materiales en cada mes con la política de almacenamiento por familia de productos.

En la tabla 4.44 se observan los tiempos estimados requeridos para recuperar el material del almacén si la política de almacenamiento fuera por familia de productos, a simple vista se puede apreciar que los tiempos disminuyen significativamente en casi un 50%. Antes de hacer las pruebas con el algoritmo genético se hizo otro estudio, ahora se simula la distribución de los materiales en el almacén con zonificación ABC, es decir, en cada familia de productos, los materiales que más se utilizan se colocan en la zonas de más fácil acceso, y los materiales que menos se utilizan se colocan en zonas donde se necesita el montacargas para recuperar el material. En la tabla 4.45 se presentan los resultados de la simulación.

Mes	Materiales	1	2	3	Promedio
<b>Enero</b>	<b>10216</b>	<b>420673</b>	<b>412336</b>	<b>421497</b>	<b>418169</b>
<b>Febrero</b>	10951	465049	417836	453323	445403
<b>Marzo</b>	13539	526142	543338	561906	543796
<b>Abril</b>	11190	440046	443714	457114	446958
<b>Mayo</b>	12046	486861	469409	492413	482895
<b>Junio</b>	8384	332558	315527	330342	326143
<b>Total</b>	66326	2612947	2813479	2646647	2691025

**Tabla 4.45.** *Tiempo estimado en segundos necesarios para buscar los materiales en cada mes con la política de zonificación ABC.*

Al comparar los resultados se la tabla 4.45 con las anteriores, se observa una mejora significativa, esto debido al cambio en la política de almacenamiento. Ahora bien, para mejorar aún más el flujo de material se ejecutó el algoritmo genético. Los resultados se muestran en la tabla 4.46.

Mes	Materiales	1	2	3	Promedio
<b>Enero</b>	<b>10216</b>	<b>339429</b>	<b>334339</b>	<b>335678</b>	<b>336482</b>
<b>Febrero</b>	10951	363865	358007	360906	360926
<b>Marzo</b>	13539	448109	440617	446543	445090
<b>Abril</b>	11190	370957	365747	369012	368572
<b>Mayo</b>	12046	398510	391827	395601	395313
<b>Junio</b>	8384	277144	271527	272567	273746
<b>Total</b>	66326	2198199	2162242	2180845	2180429

**Tabla 4.46.** *Tiempo estimado en segundos necesarios para buscar los materiales en cada mes con la política de almacenamiento dedicado.*

Efectivamente con el algoritmo genético se puede mejorar aún más los tiempos requeridos para recuperar los materiales del almacén. Para validar que el algoritmo

genético y las demás estimaciones son certeras se verifica la información histórica que se tiene y se compararon con los resultados obtenidos del algoritmo. De la información de la figura 4.38 se realiza la tabla 4.47.

Tipo almacenamiento	Transacciones	Tiempo requerido	Tiempo por material	Reduccion en %
Aleatorio	75	7524	100.3	-
Familia de productos	136	7375	54.2	45.95%
Clasificación ABC	176	7436	42.3	22.09%
Dedicado	208	7420	35.7	15.57%

**Tabla 4.47.** Estimaciones de tiempo en segundos obtenida del número de transacciones efectuadas por los almacenistas durante una jornada laboral.

En la tabla 4.47 se indica el número de transacciones por cada tipo de almacenamiento, el tiempo requerido para completar las transacciones y el tiempo estimado en segundos para recuperar cada material. Con la información de las tablas 4.43, 4.44, 4.45 y 4.46 se realiza la tabla 4.48 y 4.49, en la cual se resume los indicadores.

Mes	Materiales	Aleatorio	Familia	ABC	Dedicado
Enero	10216	101.2	49.6	40.9	32.9
Febrero	10951	99.0	51.2	40.7	33.0
Marzo	13539	93.2	51.5	40.2	32.9
Abril	11190	99.8	51.7	39.9	32.9
Mayo	12046	102.0	48.6	40.1	32.8
Junio	8384	105.4	52.8	38.9	32.7
Todos	66326	102.8	49.4	40.6	32.9

**Tabla 4.48.** Estimaciones de tiempo promedio en segundos obtenida de los resultados de las distintas corridas del programa.

En la tabla 4.48 se indica el tiempo estimado que un almacenista requiere para buscar un material en el almacén dependiendo de la política que adopte la organización. Se puede apreciar que las estimaciones de las tabla 4.48 son similares con las estimaciones de la tabla 4.47. Por otra parte se presenta la tabla 4.49 donde se indica el porcentaje de reducción en el tiempo de búsqueda con respecto de una política a otra.

Como se puede observar en la tabla 4.47 y 4.49 también existe similitud en la reducción del tiempo dependiendo de la política que se adopte. La mejora del tiempo de la política de almacenamiento aleatoria con respecto a la política de almacenamiento por familia de producto oscila entre 45 y 50%.

Mes	Materiales	Aleatorio	Familia	Reducción en %	ABC	Reducción en %	Dedicado	Reducción en %
Enero	10216	1034354	506681	51.01%	418169	17.47%	336482	19.53%
Febrero	10951	1084327	560199	48.34%	445403	20.49%	360926	18.97%
Marzo	13539	1261321	697676	44.69%	543796	22.06%	445090	18.15%
Abril	11190	1116720	578519	48.19%	446958	22.74%	368572	17.54%
Mayo	12046	1228288	585948	52.30%	482895	17.59%	395313	18.14%
Junio	8384	883931	442962	49.89%	326143	26.37%	273746	16.07%
Total meses	66326	6819534	3275714	51.97%	2691025	17.85%	2180429	18.97%
Promedio	18950	1918354	949671	50.50%	764913	19.46%	622937	18.56%

**Tabla 4.49.** *Estimaciones de tiempo en segundos de cada política con el porcentaje de reducción con respecto a cada tipo de almacenamiento.*

La mejora con respecto a la política de almacenamiento por familia de producto con respecto a la política de almacenamiento por clasificación ABC oscila entre el 18 y 26%. Por último, entre las políticas de almacenamiento por zonificación ABC y almacenamiento dedicado la mejora en el tiempo oscila entre 15 y 20%.

Las actividades que se desarrollan en el almacén representan un alto costo para la empresa y pueden pasar desapercibidas cuando se realizan mejoras, pero estas son de vital importancia para mantener un flujo eficiente de material. Como se describe y explica en el documento, las políticas influyen y contribuyen directamente con los procesos que se efectúan en el almacén, y una simple decisión de adoptar una política a otra, atribuye a ser una organización eficiente y eficaz. Al principio del documento se plantea el objetivo de implementar la política de almacenamiento dedicado, pero esta solamente se estima debido que aún se está desarrollando. No es necesario pasar por el proceso que se explicó anteriormente para cambiar de política de almacenamiento, esta investigación se efectuó con el propósito de cuantificar el incremento de la productividad del almacén en número de transacciones efectuadas dependiendo de la política. Para este caso en particular, almacenamiento dedicado parece funcionar mejor que almacenamiento por clase, ya que se hace mejor uso del espacio, para otros almacenes almacenamiento dedicado puede requerir más espacio, las políticas se adoptan de acuerdo a las necesidades y requerimientos de cada organización.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta sección se muestran las conclusiones y recomendaciones obtenidas del análisis de los resultados de la aplicación metodología propuesta. Al final se muestran las futuras líneas de investigación que fueron identificadas durante el período de tiempo que llevó realizar el presente trabajo.

Antes de empezar cualquier investigación es importante primeramente conocer y comprender el sistema bajo estudio, es decir, realizar un diagnóstico y análisis para conocer el sistema; se debe acercarse a los procesos de una manera directa, como si se estuviera en un entrenamiento para aprender las actividades que se efectúan. Después, todo conocimiento obtenido se resume en pasos o actividades importantes y críticas, las cuales se pueden representar en un diagrama de flujo. Este diagrama se debe validar por las personas expertas en los procesos. Como el diagrama de flujo indica la secuencia de actividades, es una buena base para hacer un estudio de tiempos y un diagrama de recorridos. Cabe mencionar que para el diagrama de recorridos se debe tener también en mano la distribución de las instalaciones. Por otra parte, en el departamento de almacén, una necesidad que siempre está presente es el espacio, por esta razón también se debe conocer la cantidad de materiales que maneja la organización, y el volumen necesario para almacenar estos materiales. Además, todas las organizaciones manejan distintos sistemas de información para controlar los movimientos y transacciones, por lo que también es importante interactuar con estos sistemas de información, entender los datos de los reportes disponibles. Todo esto es el punto de partida de cualquier investigación, a partir del diagnóstico, es posible determinar y establecer las herramientas y técnicas para efectuar un análisis apropiado que permita comprender el sistema.

En la parte del análisis, toda la información disponible se resume en indicadores o parámetros, los cuales se evalúan y seleccionan para establecer la referencia o punto comparativo. Para plasmar los indicadores, se utilizó la herramienta de VSM, que integra tanto el flujo de material como el flujo de información, además de que podía mostrar la mayoría de los indicadores seleccionados de manera sistemática en

un solo gráfico, lo que permitió la identificación y eliminación de los desperdicios que impedían un flujo ágil. Mediante el análisis de los indicadores y VSM se obtuvo una tabla de necesidades, problemas y/o áreas de oportunidad con sus respectivas alternativas de solución, las cuales se agruparon en proyectos más pequeños.

En ocasiones, la aplicación de herramientas lleva a cambios en los procesos que necesitan fuerte inversión, y aunque existan datos que validen el beneficio de estas modificaciones las organizaciones simplemente se niegan a invertir por el riesgo que esto representa, por ello, es importante efectuar pruebas piloto en áreas más pequeñas, donde se necesite poco o nula inversión, y presentar los resultados de los proyectos a la alta gerencia, esto se hizo en esta investigación. Debido a que en el almacén las actividades que se realizan no agregan valor al producto, es un departamento que se descuida y se le presta poca atención, pero este departamento es uno de los principales en la gestión de la cadena de suministro, es la que abastece a la línea de producción para que manufacture las solicitudes del cliente, en otras palabras, los procesos efectuados en el almacén son de vital importancia para mantener un flujo ágil y eficiente, y como forma parte de la cadena de suministro, las ineficiencias o errores de este departamento afectan directamente a los procesos anteriores y posteriores, principalmente a producción.

Para mejorar el flujo de material e información se realizó la prueba piloto en la interacción de los procesos de recepción, inspección y almacenamiento, obteniendo excelentes resultados. La prueba piloto se dividió en dos partes, una es la aplicación de herramientas de manufactura esbelta, y la otra planeación sistemática de la distribución (diseño de instalaciones). Efectivamente, al aplicar las herramientas de manufactura esbelta y diseño de instalaciones se agilizó el flujo de material en los procesos de recepción, inspección y ubicación. Con respecto a manufactura esbelta se redujeron los tiempos de procesamiento entre un 45 y 60% a pesar de que la demanda se incrementó un 40%, mientras que con diseño de instalaciones los tiempos de procesamiento se redujeron entre 35 y 60% a pesar de que la demanda se incrementó un 70%. De los resultados anteriores se efectuaron prueba de hipótesis para las medias y las varianzas de las muestras obtenidas con las mejoras

implementadas. Para el caso de las medias, en ningún caso existe suficiente evidencia significativa que nos lleve a concluir que los tiempos promedios de las actividades después de las mejoras no son similares, es decir, por medio de prueba de hipótesis se compararon estos resultados y no se obtuvo evidencia estadística que un método (manufactura esbelta o diseño de instalaciones) ofreciera mayor agilización que otro, para efectos de este estudio. Por otra parte, también se realizaron las prueba de hipótesis para analizar las varianzas, en la comparación de las varianzas entre los dos métodos existe suficiente evidencia estadística para concluir que las varianzas no son diferentes, es decir, las varianzas entre los tiempos de procesamiento una vez implementado los distintos métodos son similares. Por el contrario se efectuaron prueba de hipótesis para analizar las varianzas entre los tiempos de procesamiento utilizando un mismo método, es decir, con la implementación de manufactura esbelta se analizaron las varianzas de los tiempos recepción-ubicación, inspección-ubicación y recepción-inspección, estas las pruebas de hipótesis conducían a concluir que las varianzas no eran similares, los datos se prestan para inferir que entre más complejo es la interacción entre los procesos, la desviación crece al doble. Mientras que en el período de Enero-Marzo, con la implementación de diseño de instalaciones las pruebas de hipótesis conducían a concluir que las varianzas no eran diferentes, es decir, se infiere que sin importar la complejidad de la interacción entre los procesos, las varianzas se asemejan. Lo importante a discusión con la prueba de hipótesis es resaltar lo siguiente, en cuestión de promedios, cualquiera de las dos metodologías a utilizar, ya sea ME o DI, deberían de tener un efecto positivo e inclusive similar en el flujo de material e información. Además, los resultados muestran que las herramientas de ME ayudan a reducir eficientemente las variaciones en los flujos entre los procesos más sencillos, pero el flujo en los procesos más complejos, altas variaciones podrían seguir presentes. Mientras que el DI, no reduce tan eficientemente las variaciones, pero ayuda a homogenizar las varianzas del flujo entre los procesos. Por lo tanto se plantea la posibilidad de abordar los problemas de agilización de flujo por medio de la

integración de ME y DI, la finalidad de no sólo agilizar el flujo, sino también de minimizar y homogenizar las variación entre los procesos.

Después de la prueba piloto, los procesos de recepción, inspección y ubicación dejaron de ser el cuello de botella; preparación de pedidos se convirtió en el proceso crítico, por esta razón, se decidió mejorar el flujo mediante la combinación de las herramientas de manufactura esbelta y diseño de instalaciones. El diseño se abordó por el método de planeación sistemática de la distribución, con el nuevo diseño se recalculan los flujos de materiales e información entre los departamentos, estaciones de trabajo o personas, con lo que se obtuvo una mejora del 47% en distancias recorridas. Aparte de las herramientas antes mencionadas, una solución importante fue la ordenación de la prioridad de las órdenes que se solicitan preparar a almacén. A pesar de incremento de órdenes y transacciones a más del doble, se logró mejorar el flujo de material en un 30%. Además se estima que se va a mejorar entre un 150 20% más, cuando se termine de reacomodar los materiales de los distintos departamentos en el almacén. Otra distribución que se propuso fue el reacomodar por familia de productos, zonificación ABC y almacenamiento dedicado. El principal beneficio de reacomodar por familia de productos son la drástica reducción de traslados entre el 300% y el 500%. En cuanto a las transacciones que un almacenista puede efectuar con la política de almacenamiento por familia de productos representa se incrementan un 35%, al utilizar la política de almacenamiento por zonificación se incrementan las transacciones un 65%, y se espera que con el almacenamiento dedicado se incremente un 90%, esto es también con la ayuda de la aplicación e implementación de las herramientas de manufactura esbelta mencionadas en el capítulo 4. Esto se ve reflejado en el cumplimiento de las metas establecidas por la organización, donde se requiere que una orden de producción requerida sea suministrada en un lapso no mayor a 24 horas después de su requerimiento. Al principio de la investigación solo el 40% de las órdenes se suministraban en el tiempo requerido. Con la implementación de manufactura esbelta y diseño de instalaciones se logró cumplir con el 72% y se espera llegar al 80% o más en los próximos meses, por el momento el 85% de las órdenes se suministran

en un lapso no mayor a 36 horas. Cabe mencionar que la demanda de trabajo se incrementó en más del doble. Los últimos resultados que se presentaron fue el impacto que tienen las distintas políticas de almacenamiento en los tiempos de búsqueda del material dentro del almacén, para ello se realizaron simulaciones con ayuda de un algoritmo genético. De los resultados se indica que la política de almacenamiento aleatorio con respecto al almacenamiento por familia de producto estima en una reducción del tiempo del 45%, con respecto al almacenamiento por zonificación ABC se proyecta una reducción del 58%, y con respecto al almacenamiento dedicado se estima una reducción del 64%. Como el tiempo se reduce, el número de búsqueda que puede hacer un almacenista se incrementa. Con la política de almacenamiento por familia de productos se incrementa en un 81%, con la política de zonificación ABC aumenta un 134% y con la política de almacenamiento dedicado el número de búsquedas se incrementa en un 175%.

En conclusión, mediante la aplicación de manufactura esbelta se efectuaron modificaciones en el flujo de la información y en el manejo del material que permitió reducir los tiempos entre las actividades, y el rediseñar la distribución del almacén se redujeron las distancias recorridas, se minimizaron y homogenizaron los tiempos entre los procesos, al colocar los materiales por departamento se pudo ajustar los estantes a las medidas de las cajas, por lo que se utilizó de una manera más eficiente el espacio disponible, esto se debe a que los materiales de cada departamento presentan características similares, por lo que estos se pueden colocar en cajas estandarizadas, de esta manera se establecieron medidas acorde a las dimensiones de las cajas.

Como se mencionó en la primera parte del capítulo 3, no existe una metodología definida y aceptada para tratar la gestión de almacén de manera integral, en esta investigación se utilizaron herramientas de manufactura esbelta, diseño del trabajo, programación (algoritmos genéticos), entre otras, y aun así quedaron por fuera aspectos importantes y que tendrían un gran impacto en la eficiencia de los procesos de almacén. Cada almacén y organización son diferentes al igual que sus necesidades, pero sin duda en todas las organizaciones y almacenes se necesita

tener control. Para ello, es indispensable conocer y comprender la naturaleza de las actividades y los procesos, es mediante la información y la estandarización que se puede tener control de lo que se debe o no hacer. Lo que se intenta destacar de esta investigación es que para abordar un problema tan complejo y cambiante como la gestión de almacén, se debe hacer de manera sistemática, es decir, no solo ver los procesos por separado y tratar de mejorarlos de manera individual, sino ver el sistema completo tanto los procesos como las interacciones, ya que pequeños cambios en una parte puede beneficiar o perjudicar al proceso adjunto. La mayoría de los cambios que se realizaron en esta investigación resultaron positivos, algunos no tanto y otros pocos cambios afectaron de manera negativa al flujo. Un punto importante que debe estar presente en cualquier investigación, independientemente de las herramientas, métodos o técnicas que se utilicen, es el capital humano, ya que ante todo es fundamental integrar y motivar al equipo de trabajo y las personas que ejecutarán las modificaciones propuestas, deben ser ellas las primeras que adopten la idea que los cambios son en beneficio propio y de la organización, porque sin el apoyo del personal todo plan, proyecto, estrategia o táctica para mejorar tiende a fracasar.

De acuerdo con las experiencias de la investigación, se infiere que las herramientas de manufactura esbelta podrían seguir una secuencia de implementación, primeramente hay que ver el sistema, para esto se utiliza el VSM, diagramas de flujo, diagrama espagueti, entre otros. Posteriormente se debería analizar la información mediante un análisis de valor agregado y valor no agregado, gráficas de procesos de control de calidad, análisis estadístico, diagrama Ishikawa, entre otros. El resultado de la aplicación de las herramientas anteriores son una serie de desperdicios y causas raíz de los problemas que impiden un flujo eficiente de material e información. Para ello, el siguiente paso es implementar las herramientas de 5S's+1, seguida de trabajo estandarizado, controles visuales, ayudas visuales, tratar de crear flujo, aplicar mantenimiento productivo, cambio de herramienta en un solo dígito de minutos (SMED). Después, cuando el sistema ha alcanzado madurez, se pueden implementar otras herramientas más avanzadas, como seis sigma, para mejorar aún

más los procesos; conteos cíclicos, para incrementar la confiabilidad y eliminar los inventarios; kanban, para mejorar el flujo entre almacén y producción; supermercados que ayuden a suavizar el flujo de material; celdas de manufactura, unión dos o más procesos que agregan valor, y pueden cambiar la fabricación de productos semejantes. Una vez que se tiene conocimiento y entendimiento del sistema se pueden hacer uso de otras técnicas y herramientas como diseño de instalaciones, simulación, programación de enfoques de aproximación (algoritmos heurísticos), planeación estratégica, uso de gráficas (por ejemplo gráfica de Pareto), entre otras.

En la sección de trabajo futuro se explica lo que se está trabajando ahora en TE Connectivity, es una combinación de conteos cíclicos, kanban, supermercados y celda de manufactura.

Por último, se le debe de dar seguimiento constante a todos los departamentos, estar auditando periódicamente, motivar a las personas a compartir ideas de mejora y documentar cada acción que se efectuó, si se deja de mejorar, auditar, motivar y/o documentar todos los proyectos desarrollados habrá sido en vano.

## **5.1 Trabajo Futuro**

La empresa TE connectivity está en crecimiento, por lo que su interés es que todos sus procesos sean lo más eficiente posible, por esta razón, está mejorando continuamente. A pesar de los resultados positivos que se mostraron a lo largo de documento, actualmente se siguen haciendo juntas semanales, continuando con los proyectos en el departamento de almacén. Un proyecto interesante es que se quiere implementar Kanban y supermercados, dos herramientas relativamente sencillas, el problema por el cual aún está en desarrollo, es debido a que TE connectivity asigna un número de lote a cada material o materia prima que ingresa a la planta o cada producto que se manufactura, este código está afectando la correcta implementación de Kanban y supermercados.

Además, la confiabilidad del inventario es otro factor importante para llevar a cabo la implementación, y el departamento de almacén aun no puede alcanzar el 90% de confiabilidad. Para alcanzar el nivel de confiabilidad se ha puesto en marcha los ciclos cuentas. En la figura 5.1 se muestra el VSM con el estado actual.

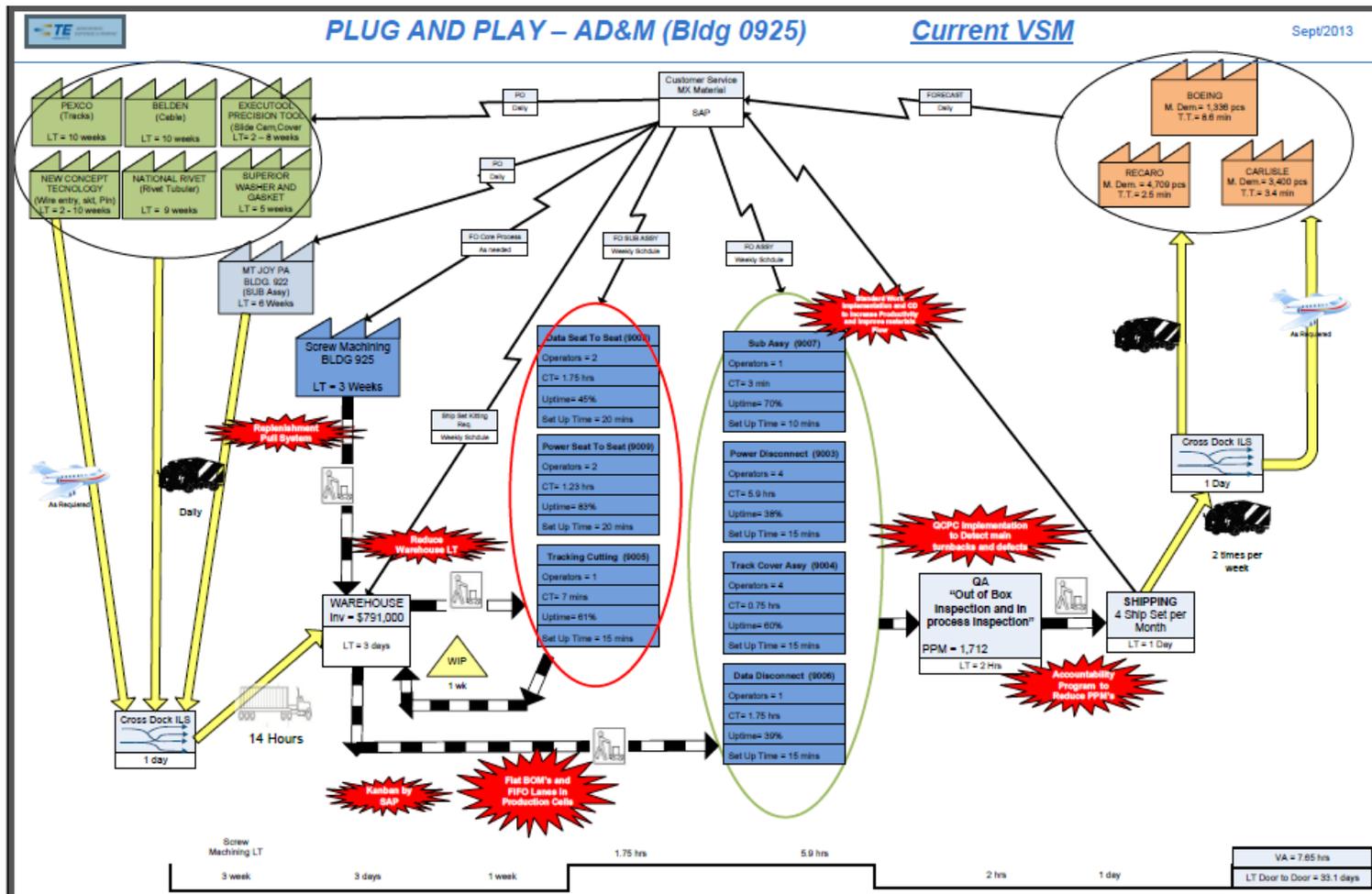


Figura 5.1. VSM actual del departamento de PNP.

En la figura 5.1 se describe la situación actual del flujo del departamento de PNP, para poder implementar kanban y supermercados de manera correcta, se decidió incorporar una celda de manufactura, donde una o dos personas estén dedicadas a cortar los cables y dar de baja el material con su respectivo lote. En la figura 5.2 se muestra el estado futuro.

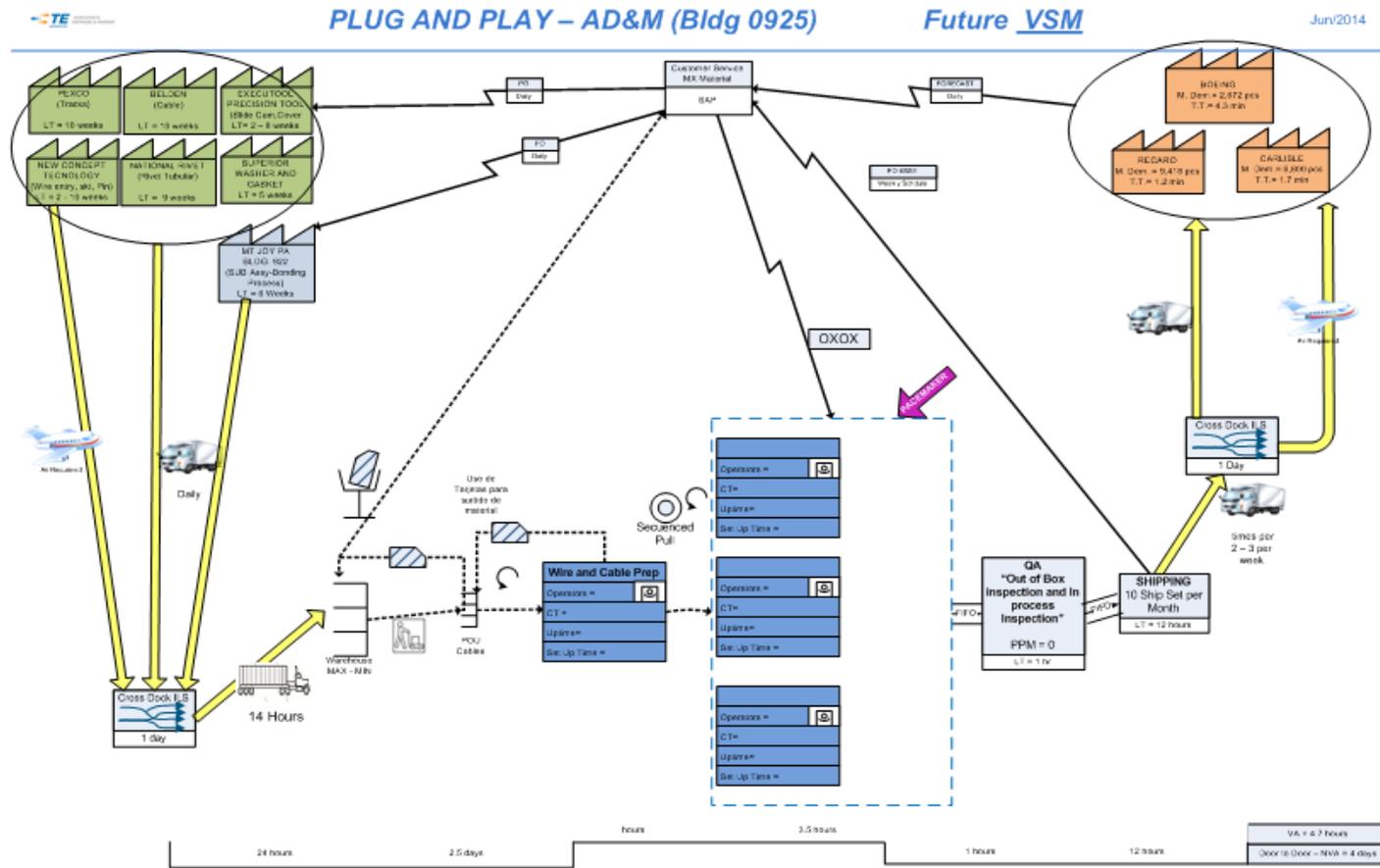


Figura 5.2. VSM futuro del departamento de PNP.

Como se muestra en la figura 5.2, se describe gráficamente la idea de la implementación de Kanban, supermercados y un centro de corte. Para efectuar este proyecto se contemplan 30 números de parte, que representan el 30% de los movimientos totales de almacén. Si el proyecto se implementa con éxito se ahorrarían lo equivalente a 12.5 horas-hombre cada día.

Otra línea de investigación es la planeación del proceso de preparación de pedidos, desde que se reserva el material hasta que se entregan los materiales solicitados, en el Anexo 7.6 propone una modificación al sistema SISMA.

También se plantea la utilización de herramientas como gráfica de Pareto, una gráfica de procesos de control de calidad donde los almacenistas cada hora coloquen el número de transacciones hechas y la razón por la cual llegaron o no a la meta. Así como el ajuste de sistema SAP aplicando radio frecuencias. Es importante destacar que aun culminando estos proyectos la organización no debe de dejar de buscar nuevas formas, métodos y herramientas que ayuden a mejorar constantemente el flujo de materiales e información en el almacén y todos los departamentos de TE Connectivity.

## 6. REFERENCIAS

Abdul, HNH, Jaffar, A, Yusoff, N & Naufal, AA 2012, 'Gravity Flow Rack's Material Handling System for Just-In-Time (JIT) Production', PROENG Procedia Engineering, vol. 41, pp. 1714-20.

Abdul, RNA, Mohd, SS & Mohamed, EM 2013, 'Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation', Procedia Economics and Finance Procedia Economics and Finance, vol. 7, pp. 174-80.

Abdul, WAN, Mukhtar, M & Sulaiman, R 2013, 'A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions', PROTCY Procedia Technology, vol. 11, pp. 1292-8.

Acharya, TK 2011, 'Material handling and process improvement using lean manufacturing principles', Int J Ind Eng Theory Appl Pract International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice, vol. 18, no. 7, pp. 357-68.

Al-Saleh, KS 2011, 'Productivity improvement of a motor vehicle inspection station using motion and time study techniques', Journal of King Saud University - Engineering Sciences Journal of King Saud University - Engineering Sciences, vol. 23, no. 1, pp. 33-41.

Alarcón, R, Antún, JP & Lozano, A 2012, 'Logistics Competitiveness in a Megapolitan Network of Cities: A Theoretical Approach and Some Application in the Central Region of Mexico', Procedia - Social and Behavioral Sciences Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 39, pp. 739-52.

Al-Tabtabai, H. & Alex, A. P. 1999. Using Genetic Algorithms To Solve Optimization Problems In Construction. Eng Const Arch Manage Engineering Construction And Architectural Management, 6, 121-132.

Alvarado, I, Alejandro, Garcia-Alcaraz, JL, Rodriguez-Borbon, MI & Maldonado, A 2013a, 'Optimization of the material flow in a manufacturing plant by use of artificial bee colony algorithm', Expert Systems with Applications.

Alvarez, R, Pena, MM, Calvo, R & R., D 2009, 'Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools', Int J Adv Manuf Technol International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 43, no. 9-10, pp. 949-58.

Anand, G & Rambabu, K 2011, 'Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation: A case study', Journal of Manufacturing Technology Management, vol. 22, no. 4, pp. 444-73.

Asef-Vaziri, A, Kazemi, M, Eshghi, K & Lahmar, M 2010, 'An ant colony system for enhanced loop-based aisle-network design', European Journal of Operational Research European Journal of Operational Research, vol. 207, no. 1, pp. 110-20.

- Azadeh, A., Moghaddam, M., Geranmayeh, P. & Naghavi, A. 2010. A flexible artificial neural network–fuzzy simulation algorithm for scheduling a flow shop with multiple processors. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 50, 699-715.
- Baker, P & Canessa, M 2009, 'Warehouse design: A structured approach', *European Journal of Operational Research* *European Journal of Operational Research*, vol. 193, no. 2, pp. 425-36.
- Bhaskaran, E 2012, 'Lean Manufacturing Auto Cluster at Chennai', *J. Inst. Eng. India Ser. C Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, vol. 93, no. 4, pp. 383-90.
- Bin-Bin, L. & Ling, W. 2007. A Hybrid Quantum-Inspired Genetic Algorithm for Multiobjective Flow Shop Scheduling. *IEEE Transactions on Systems, Man & Cybernetics: Part B*, 37, 576-591.
- Brasco, PA, Found, P & Moura, BA 2013, 'A Lean & Green Model for a production cell', *Journal of Cleaner Production* *Journal of Cleaner Production*, no. 4.
- Broum, T, Dvorak, J & Kleinova, J 2011, Value optimization and risks elimination of product *Annals of DAAAM for 2011 & Proceedings of the 22nd International DAAAM Symposium*, Volume 22, No. 1, ISSN 1726-9679.
- Butner, K 2010, 'The smarter supply chain of the future', *Strategy & Leadership*, vol. 38, no. 1, pp. 22-31.
- Cakmak, E, Gunay, NS, Aybakan, G & Tanyas, M 2012, 'Determining the Size and Design of Flow Type and U-Type Warehouses', *SBSPRO Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 58, pp. 1425-33.
- Caputo, AC & Pelagagge, PM 2008, 'Capacity upgrade criteria of large-intensive material handling and storage systems: a case study', *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 19, no. 8, pp. 953-78.
- Cehlár, M, Teplická, K & Szabo, S 2011, Kaizen - New Instrument for Processes of Maintenance in Air Force, *International Conference of Scientific Paper Afases 2011*, Brasov.
- Chan, FTS & Chan, HK 2011, 'Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage', *Expert Systems with Applications* *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 3, pp. 2686-700.
- Chan, FTS & Kumar, V 2009a, 'Hybrid TSSA algorithm-based approach to solve warehouse-scheduling problems', *International Journal of Production Research*, vol. 47, no. 4, pp. 919-40.
- Chan, FTS & Kumar, V 2009b, Performance optimization of a leagility inspired supply chain model: a CFGTSA algorithm based approach, *Taylor and Francis*, <<http://doras.dcu.ie/15771/>>.

- Correa , EA, Gómez, MRAs & Cano, AJA 2011, Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC), Universidad Icesi Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, <[http://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios\\_gerenciales/article/view/385](http://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/385)>.
- Coyle, JJ, Bardi, EJ & Langley, CJ 2003, The management of business logistics : a supply chain perspective, South-Western/Thomson Learning, Mason, Ohio.
- Coyle, JJ, Langley, JC, Novack, RA & Gibson, BJ 2013, Administracion de la Cadena de Suministro Una perspectiva logística, Novena edn, Cenage learning.
- Das, B, Venkatadri, U & Pandey, P 2013, 'Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing', Int J Adv Manuf Technol The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, no. 1.
- de Koster, R, Le-Duc, T & Roodbergen, KJ 2007, 'Design and control of warehouse order picking: A literature review', European Journal of Operational Research European Journal of Operational Research, vol. 182, no. 2, pp. 481-501.
- De la Fuente, M 2005, Ventaja competitiva: ¿actividades o recursos?, Universidad de Talca, <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=39902603>>.
- Deif, A 2012, 'Assessing Lean Systems Using Variability Mapping', Procedia CIRP Procedia CIRP, vol. 3, pp. 2-7.
- Delmaire, H., Langevin, A. & Riopel, D. 1997. Skeleton-based facility layout design using genetic algorithms. Annals of Operations Research, 69, 85-104.
- Deros, BM, Mohamed, N, Saibani, N & Rahman, N 2012, 'Improving Teaching and Learning Effectiveness Through Customer's Feedback', SBSPRO Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 60, pp. 196-205.
- Diogo, A. F. & Graveto, V. M. 2006. Optimal Layout of Sewer Systems: A Deterministic versus a Stochastic Model. Journal of Hydraulic Engineering, 132, 927-943.
- Domingo, R, Alvarez, R, Peña, MM & Roque, C 2007, 'Materials flow improvement in a lean assembly line: a case study', Assembly Automation, vol. 27, no. 2, pp. 141-7.
- Drira, A, Pierreval, H & Hajri-Gabouj, S 2007, 'Facility layout problems: A survey', Annual Reviews in Control, vol. 31, no. 2, pp. 255-67.
- Elmoselhy, SAM 2013, 'Hybrid lean-agile manufacturing system technical facet, in automotive sector', JMSY Journal of Manufacturing Systems, vol. 32, no. 4, pp. 598-619.

- Errasti, A, Chackelson, C & Poler, R 2010, 'An Expert System for Inventory Replenishment Optimization', INTERNATIONAL FEDERATION FOR INFORMATION PROCESSING - PUBLICATIONS- IFIP, no. 322, pp. 129-36.
- Ertugut, R 2011, 'Increasing demand for logistics technician in business world and rising trend of logistics programs in higher vocational schools: Turkey case', SBSPRO Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 15, pp. 2776-80.
- Fazlollahtabar, H, Hajmohammadi, H & Alireza, Eh 2011, 'A heuristic methodology for assembly line balancing considering stochastic time and validity testing', International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 52, no. 1-4, pp. 1-4.
- Finke, G, Strusevich, V & Werner, F 2009, 'Scheduling for modern manufacturing, logistics and supply chains'.
- Francis, R. L. 1992. Facility layout and location: an analytical approach / Richard L. Francis; L. F. McGinnis, J. A. White [Online]. Englewood Cliffs, EUA : Prentice-Hall. Available: <http://quijote.biblio.iteso.mx/dc/ver.aspx?ns=000038445>.
- Fullerton, RR, Kennedy, FA & Widener, SK 2013, 'Management accounting and control practices in a lean manufacturing environment', Accounting, Organizations and Society, vol. 38, no. 1, pp. 50-71.
- Galindo, ÁAM & Tapia, M 2008, SPL: Una forma sencilla de analizar la distribución física de su fábrica.
- Gallmann, F & Belvedere, V 2011, 'Linking service level, inventory management and warehousing practices: A case-based managerial analysis', Operations Management Research, vol. 4, no. 1-2, pp. 1-2.
- Gamberi, M, Manzini, R & Regattieri, A 2009, 'An new approach for the automatic analysis and control of material handling systems: integrated layout flow analysis (ILFA)', International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 41, no. 1-2, pp. 1-2.
- Garey, MR & Johnson, DS 2003, Computers and intractability : a guide to the theory of NP - completeness, W.H. Freeman and Co., New York.
- Gen, M. & Cheng, R. 1997. Genetic algorithms and engineering design, New York, Wiley.
- Geraldes, C, A., S., Carvalho, M, S. & Pereira, G, A., B. 2012, 'Warehouse Design and Planning: A Mathematical Programming Approach', Lecture notes in computer science., no. 7335, pp. 187-201.
- Ghiani, G, Laporte, G & Musmanno, R 2013, Introduction to logistics systems management.

- Glover, WJ, Farris, JA, Van Aken, EM & Doolen, TL 2011, 'Critical success factors for the sustainability of Kaizen event human resource outcomes: An empirical study', *International Journal of Production Economics*, vol. 132, no. 2, pp. 197-213.
- Gong, Y & Koster, RBM 2011, 'A review on stochastic models and analysis of warehouse operations', *Logist. Res. Logistics Research*, vol. 3, no. 4, pp. 191-205.
- Green, J, Lee, J & Kozman, T 2010, 'Managing lean manufacturing in material handling operations', *International Journal of Production Research*, vol. 48, no. 10, pp. 2975-93.
- Gómez, OM, Aguirre, DA & Herrera, MM 2010, Plan Maestro de Almacenamiento para la Industria Colchonera como una Estrategia de competitividad 8th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Arequipa, Perú.
- Groover, M. P. 2008. *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*, Upper Saddle River, N.J., Prentice Hall.
- Glover, F. 1989. Tabu Search-- Part I. *ORSA Journal on Computing*, 1, 190.
- Glover, F. 1990. Tabu Search-- Part II. *ORSA Journal on Computing*, 2, 4.
- Harmanani, H. M., Zouein, P. P. & Hajar, A. M. 2004. A Parallel Genetic Algorithm For The Geometrically Constrained Site Layout Problem With Unequal-Size Facilities. *International Journal of Computational Intelligence & Applications*, 4, 375-400.
- Haykin, S. S. 2009. *Neural Networks And Learning Machines*, New York, Prentice Hall/Pearson.
- Hernández, SR, Fernández, CC & Baptista, LP 2010, *Metodología de la investigación*, McGraw-Hill, México; Madrid [etc.].
- Holland, J. H. 1992. *Adaptation in natural and artificial systems : an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Hongjuan, Y & Jing, Z 2011, 'The Strategies of Advancing the Cooperation Satisfaction among Enterprises Based on Low Carbon Supply Chain Management', *Energy Procedia Energy Procedia*, vol. 5, pp. 1225-9.
- Hwang, HJ & Seruga, J 2011, 'An intelligent supply chain management system to enhance collaboration in textile industry', *Int. J. u e Serv. Sci. Technol. International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 47-62.
- Ikuma, LH, Nahmens, I & James, J 2011, 'Use of Safety and Lean Integrated Kaizen to Improve Performance in Modular Homebuilding', *J. Constr. Eng. Manage. Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 137, no. 7, pp. 551-60.

- Jeyaraj, KL, Muralidharan, C, Mahalingam, R & Deshmukh, SG 2013, 'Applying Value Stream Mapping Technique for Production Improvement in a Manufacturing Company: A Case Study', J. Inst. Eng. India Ser. C Journal of The Institution of Engineers (India): Series C, no. 1.
- Johansson, PEC, Lezama, T, Malmskold, L, Sjogren, B & Ahlstrom, LM 2013, 'Current state of standardized work in automotive industry in Sweden', Procedia CIRP Procedia CIRP, vol. 7, pp. 151-6.
- Jolai, F, Jahangoshai, RM & Vazifeh, A 2009, 'Multi-criteria decision making for assembly line balancing', Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 20, no. 1, pp. 113-21.
- Jungwattanakit, J., Reodecha, M., Chaovalitwongse, P. & Werner, F. 2008. Algorithms for flexible flow shop problems with unrelated parallel machines, setup times, and dual criteria. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 37, 354-370.
- Kara, Y., Ozcan, U. & Peker, A. 2007. An approach for balancing and sequencing mixed-model JIT U-lines. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 32, 1218-1231.
- Kattman, B, Corbin, TP, Moore, LE & Walsh, L 2012, 'Visual workplace practices positively impact business processes', Benchmarking: An International Journal, vol. 19, no. 3, pp. 412-30.
- Khanna, VK & Shankar, R 2008, 'Journey to implement Toyota production system a case study', Journal of Advances in Management Research Journal of Advances in Management Research, vol. 5, no. 1, pp. 80-8.
- Khoo, L. P., Lee, S. G. & Yin, X. F. 2003. Multiple-objective optimization of machine cell layout using genetic algorithms. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 16, 140.
- Krishnan, K. 2010, 'A simulation-based approach for risk assessment of facility layout designs under stochastic product demands', International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 49, no. 1-4, pp. 1-4.
- Kulak, O, Sahin, Y & Taner, ME 2012, 'Joint order batching and picker routing in single and multiple-cross-aisle warehouses using cluster-based tabu search algorithms', Flex Serv Manuf J Flexible Services and Manufacturing Journal, vol. 24, no. 1, pp. 52-80.
- Kulturel-Konak, S., Norman, B. A., Coit, D. W. & Smith, A. E. 2004. Exploiting Tabu Search Memory in Constrained Problems. INFORMS Journal on Computing, 16, 241-254.
- Kuse, H, Endo, A & Iwao, E 2010, 'Logistics facility, road network and district planning: Establishing comprehensive planning for city logistics', Procedia - Social and Behavioral Sciences Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 2, no. 3, pp. 6251-63.
- Lee, A, Kang, HY & Yu, LC 2011, 'An integrated model for supplier selection for a high-tech manufacturer', AIP conference proceedings., vol. 1368, pp. 185-8.

- Lerher, T, Sraml, M, Borovinsek, M & Potrc, I 2012, 'Multi-objective optimization of automated storage and retrieval systems', ICIL 2012, pp. 225-35.
- Lin, C, Frank, CF, Wan, H-d, Min, Yuh, C & Kuriger, G 2013, 'Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology', RCM Robotics and Computer Integrated Manufacturing, vol. 29, no. 3, pp. 95-103.
- Lin, Q-L, Liu, H-C, Wang, D-J & Liu, L 2013, 'Integrating systematic layout planning with fuzzy constraint theory to design and optimize the facility layout for operating theatre in hospitals', J Intell Manuf Journal of Intelligent Manufacturing, no. 4.
- Liu, L 2011, 'Research on the Management System of enterprises using Modern Logistics Supply Chain Theory', Procedia Engineering Procedia Engineering, vol. 24, pp. 721-5.
- Madhusudanan, P, Hunagund, IB & Krishnan, KK 2011, 'Design of robust layout for Dynamic Plant Layout Problems', Computers & Industrial Engineering, vol. 61, no. 3, pp. 813-23.
- Manataki, A, Chen-Burger, Y-H & Rovatsos, M 2013, 'SCOllog: A logic-based approach to analysing supply chain operation dynamics', Expert Systems with Applications Expert Systems with Applications, vol. 41, no. 1, pp. 23-38.
- Mantilla, COL & Sánchez, GJM 2012, 'Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma', ESTGER Estudios Gerenciales, vol. 28, no. 124, pp. 23-43.
- Material Handling Industry, oA 2012, viewed 26 de noviembre 2012, <<http://www.mhia.org/>>.
- McGinnis, MA 2012, 'A comparison of logistics strategies and integration in the U.S. and Ghana', Journal of transportation management., vol. 23, no. 1.
- Meyers, FE, Stephens, MP & Enríquez Brito, J 2006, Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales, Pearson/Educación, México, D.F.
- Mirsanei, H. S., Karimi, B. & Jolai, F. 2009. Flow shop scheduling with two batch processing machines and nonidentical job sizes. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 45, 553-572.
- Mishra, N, Kumar, V, Kumar, N, Kumar, M & Tiwari, MK 2011, 'Addressing lot sizing and warehousing scheduling problem in manufacturing environment', Expert Systems With Applications, vol. 38, no. 9, pp. 11751-62.
- Mohamadghasemi, A & Hadi-Vencheh, A 2012, 'An integrated synthetic value of fuzzy judgments and nonlinear programming methodology for ranking the facility layout patterns', Computers & Industrial Engineering Computers & Industrial Engineering, vol. 62, no. 1, pp. 342-8.

- Morales, MAG & Pech, JLV 2000, 'Competitividad y estrategia: el enfoque de las competencias esenciales y enfoque en los recursos', e-journal, vol. Vol. S/N/ No 197, no. Contaduría y Administración, p. 17.
- Murrillo, DR & Abdel, GM 2005, 'Sobre el Concepto de Competitividad', Comercio Exterior, vol. 55, p. 15.
- Nachiappan, SP & Jawahar, N 2007, 'A genetic algorithm for optimal operating parameters of VMI system in a two-echelon supply chain', European Journal of Operational Research European Journal of Operational Research, vol. 182, no. 3, pp. 1433-52.
- Naufal, A, Jaffar, A, Yusoff, N & Hayati, N 2012, 'Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia-Case Study', PROENG Procedia Engineering, vol. 41, pp. 1721-6.
- Navickas, V, Sujeta, L & Vojtovich, S 2011, Logistics systems as a factor of country's competitiveness, ISSN 1822-6515 ECONOMICS AND MANAGEMENT: 2011. 16 edn.
- Nehzati, T, Rashidi-Bajgan, H & Ismail, N 2011, 'Development of a decision support system using Tabu Search algorithm for the warehouse layout problem', Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, vol. 28, no. 4, pp. 281-97.
- Ohno, T 2010, Sistem Pengeluaran Toyota:Melangkaui Pengeluaran Skala Besar / Karya Taiichi Ohno; Penterjemah Muhammad Syariff Paridudin, MOVE Associates, Petaling Jaya, Malaysia;.
- Palma Méndez, J. T. & Marín Morales, R. 2008. Inteligencia artificial : métodos, técnicas y aplicaciones, Madrid [etc.], MacGraw-Hill.
- Penbek, S, Zaptçioğlu, D & Günererğın, M 2011, 'The need of effective strategic management during a planned change: An example of Bologna change process from a Turkish university', Procedia - Social and Behavioral Sciences Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 24, pp. 649-62.
- Porter, M 2008, '¿Qué es la competitividad? (Spanish)', Revista de Antiguos Alumnos del IEEM, vol. 11, no. 4, pp. 60-2.
- Porter, ME & Rivkin, JW 2012, 'THE LOOMING CHALLENGE TO U.S. COMPETITIVENESS', Harvard Business Review, vol. 90, no. 3, pp. 54-62.
- Queirolo, F, Schenone, M & Nan, P 2001, Warehouse layout design: minimizing travel time with a genetic and simulative approach-methodology and case study, Proceedings of the 14th European Simulation Symposium. Dresden, Germany, 271–275 (2002).
- Rahani, AR & al-Ashraf, M 2012, 'Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study', PROENG Procedia Engineering, vol. 41, pp. 1727-34.

- Rajenthirakumar, D, Sridhar, R & Janani, KS 2013, Measuring the impact of lean tools in a printing machinery manufacturing company, Faculty of engineering -International Journal Of Engineering
- Rivera, L & Manotas, DF 2013, How to foresee and measure the real economic impact of a lean manufacturing implementation, Springer International Publishing Switzerland.
- Roelof, JV, Caarls, J & Wijngaarden, Bv 2013, Warehouse Simulation Through Model Configuration, Nottingham, UK: European Council on Modelling and Simulation ECMS, <<http://resolver.tudelft.nl/uuid:a2cf2303-5804-4d9c-b596-1640669bba4d>>.
- Rohde, J. 2004. Hierarchical supply chain planning using artificial neural networks to anticipate base-level outcomes. *OR Spectrum*, 26, 471-492.
- Ryu, K, Moon, I, Oh, S & Jung, M 2013, 'A fractal echelon approach for inventory management in supply chain networks', *International Journal of Production Economics*, vol. 143, no. 2, pp. 316-26.
- Sahoo, A, Tiwari, M & Mileham, A 2008, 'Six Sigma based approach to optimize radial forging operation variables', *Journal of Materials Processing Technology Journal of Materials Processing Technology*, vol. 202, no. 1-3, pp. 125-36.
- Sellers, M, Hanson, K, Schuller, M, Sherman, K, Kelz, R, R., Fryer, J, DaRosa, D & Bilimoria, KY 2013, 'Development and participant assessment of a practical quality improvement educational initiative for surgical residents', *Journal of the American College of Surgeons*, vol. 216, no. 6, pp. 1207-13.
- Seo, Y., Lee, C. & Moon, C. 2007. Tabu search algorithm for flexible flow path design of unidirectional automated-guided vehicle systems. *OR Spectrum*, 29, 471-487.
- Shiau, J-Y & Lee, M-C 2010, 'A warehouse management system with sequential picking for multi-container deliveries', *Computers & Industrial Engineering Computers & Industrial Engineering*, vol. 58, no. 3, pp. 382-92.
- Singh, TP & Chauhan, G 2013, 'Significant Parameters of Labour Flexibility Contributing to Lean Manufacturing', *Glob J Flex Syst Manag Global Journal of Flexible Systems Management*, vol. 14, no. 2, pp. 93-105.
- Slak, A., Tavčar, J. & Duhovnik, J. 2011. Application of Genetic Algorithm into Multicriteria Batch Manufacturing Scheduling. *Uporaba genetskega algoritma pri večkriterijskem razporejanju serijske proizvodnje.*, 57, 110-124.
- Strack, G & Pochet, Y 2010, 'An integrated model for warehouse and inventory planning', *European Journal of Operational Research European Journal of Operational Research*, vol. 204, no. 1, pp. 35-50.
- Stump, B & Badurdeen, F 2012, 'Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study', *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 23, no. 1, pp. 109-24.

- Sukati, I, Hamid, A, Bakar, B, Rohaizat, Y & Rosman, M 2012, 'The Study of Supply Chain Management Strategy and Practices on Supply Chain Performance', *Procedia - Social and Behavioral Sciences* *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 40, pp. 225-33.
- Sule, DR 2001, *Instalaciones de manufactura : ubicación, planeación y diseño*, Thomson, <[http://www.cengage.com.mx/learning/mate.php?opcion\\_ma=3&parametro\\_ma](http://www.cengage.com.mx/learning/mate.php?opcion_ma=3&parametro_ma)>.
- Teunter, RH, Babai, MZ & Syntetos, AA 2010, 'ABC Classification: Service Levels and Inventory Costs', *Production and Operations Management*, vol. 19, no. 3, pp. 343-52.
- Tompkins, JA 2006, *Planeación de instalaciones*, Thomson, México, D.F.
- Vendan, SP & Sakthidhasan, K 2010, Reduction of Wastages in Motor Manufacturing Industry, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, Department of Mechanical Engineering ,P.S.G College of Technology Coimbatore, India.
- Villarreal, B & Del Roble, AM 2011, 'A Simulation approach to improve assembly line performance', *Int J Ind Eng Theory Appl Pract International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, vol. 18, no. 6, pp. 283-90.
- Vimal, KEK & Vinodh, S 2013, 'Application of artificial neural network for fuzzy logic based leanness assessment', *Journal of Manufacturing Technology Management Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 24, no. 2, pp. 274-92.
- Vinodh, S, Arvind, KR & Somanaathan, M 2011, 'Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives', *Clean Technol. Environ. Policy Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 13, no. 3, pp. 469-79.
- Vodeb, K 2012, 'Competition In Tourism In Terms of Changing Environment', *SBSPRO Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 44, pp. 273-8.
- Wang, H., Jacob, V. & Rolland, E. 2003. Design of efficient hybrid neural networks for flexible flow shop scheduling. *Expert Systems*, 20, 208-231.
- Womack, JP & Jones, DT 2005, *Lean thinking : cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los despilfarros y crear valor en la empresa*, Gestión 2000, Madrid.
- Wong, C. K. W. C. E. H., Fung, I. W. H. B. C. E. H. & Tam, C. M. B. C. E. H. 2010. Comparison of Using Mixed-Integer Programming and Genetic Algorithms for Construction Site Facility Layout Planning. *Journal of Construction Engineering & Management*, 136, 1116-1128.
- Wu, M 2012, 'Managing Stakeholders: An Integrative Perspective on the Source of Competitive Advantage', *ASS Asian Social Science*, vol. 8, no. 10, p. p160.

Yang, C-L, Chuang, S-P & Hsu, T-S 2011, 'A genetic algorithm for dynamic facility planning in job shop manufacturing', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 52, no. 1-4, pp. 1-4.

Yanrong, WYLKL 2011, 'Evaluation on the Competitiveness of High-tech Entrepreneurial Enterprises', *Energy Procedia Energy Procedia*, vol. 5, pp. 684-9.

Yu, M-C 2011, 'Multi-criteria ABC analysis using artificial-intelligence-based classification techniques', *Expert Systems with Applications Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 4, pp. 3416-21.

Zobel, C. W. & Keeling, K. B. 2008. Neural network-based simulation metamodels for predicting probability distributions. *Computers and Industrial Engineering*, 54, 879-888.

Önüt, S, Tuzkaya, UR & Dogaç, B 2008, 'A particle swarm optimization algorithm for the multiple-level warehouse layout design problem', *CAIE Computers & Industrial Engineering*, vol. 54, no. 4, pp. 783-99.

Şahin, R. & Türkbey, O. 2009. A simulated annealing algorithm to find approximate Pareto optimal solutions for the multi-objective facility layout problem. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41, 1003-1018.

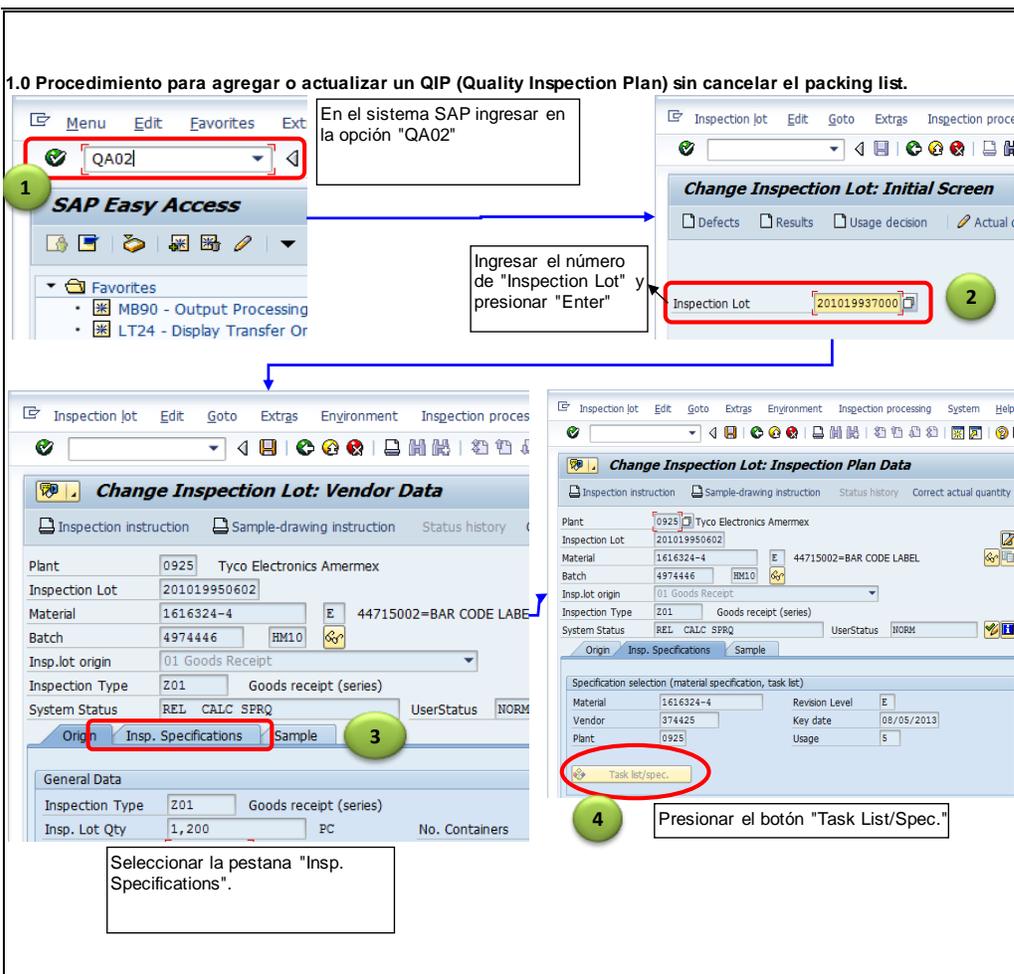
# 7. ANEXO

## 7.1 Hojas de Instrucción

	<b>Instrucción de Trabajo Estandarizado</b>	
Nombre de la Instrucción de Trabajo Estandarizado:	Elaborado:	
<b>Apertura para generar QIP</b>	Revisión:	
	Folio:	
	Página:	1 de 1

**Propósito:** Facilitar la generación o actualización de un QIP

**1.0 Procedimiento para agregar o actualizar un QIP (Quality Inspection Plan) sin cancelar el packing list.**



En el sistema SAP ingresar en la opción "QA02"

1

Inspección de lotes

Inspección de lotes

2

Inspección de lotes

3

4

Presionar el botón "Task List/Spec."

Seleccionar la pestaña "Insp. Specifications".

Inspección de lotes

Change Inspection Lot: Vendor Data

Plant: 0925 Tyco Electronics Amermex  
 Inspection Lot: 201019950602  
 Material: 1616324-4 E 44715002=BAR CODE LABEL  
 Batch: 4974446 HM10  
 Insp. lot origin: 01 Goods Receipt  
 Inspection Type: Z01 Goods receipt (series)  
 System Status: REL CALC SPRQ UserStatus: NORM

Change Inspection Lot: Inspection Plan Data

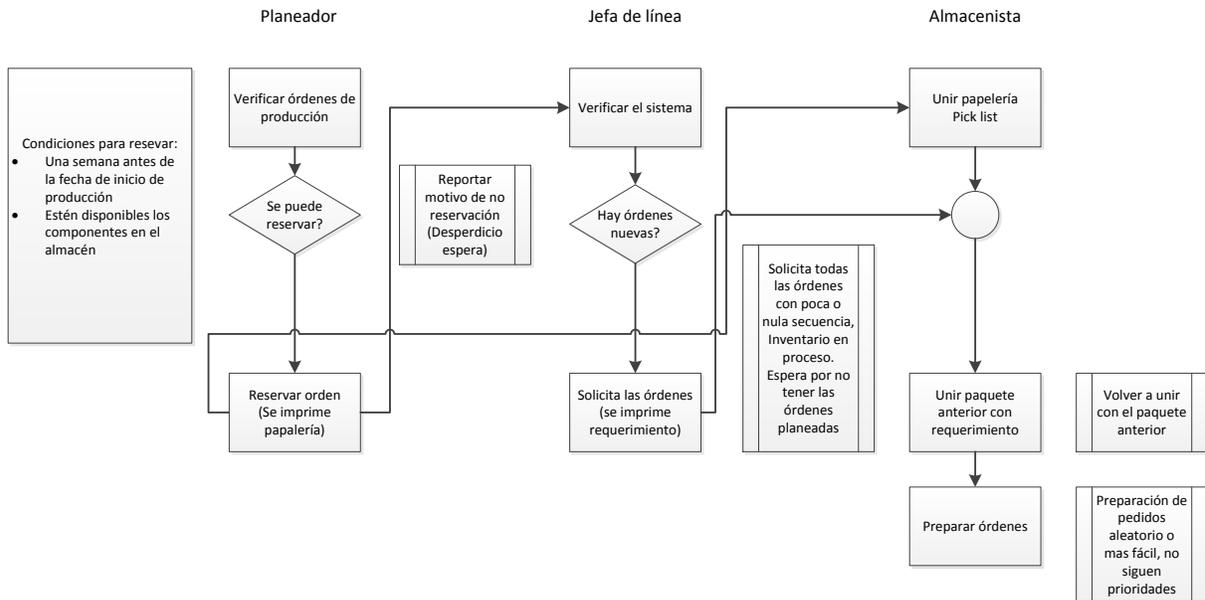
Plant: 0925 Tyco Electronics Amermex  
 Inspection Lot: 201019950602  
 Material: 1616324-4 E 44715002=BAR CODE LABEL  
 Batch: 4974446 HM10  
 Insp. lot origin: 01 Goods Receipt  
 Inspection Type: Z01 Goods receipt (series)  
 System Status: REL CALC SPRQ UserStatus: NORM

Specification selection (material specification, task list)

Material: 1616324-4 Revision Level: E  
 Vendor: 374425 Key date: 08/05/2013  
 Plant: 0925 Usage: S

Anexo 7.1. Hoja de Instrucción para generar o actualizar QIP sin cancelar hoja de recibido.

## 7.2 Diagrama de flujo de preparación de pedidos



**Anexo 7.2.** Diagrama de flujo para el proceso de preparación de pedidos, incluye planeación y producción.

### 7.3 Prueba de hipótesis

De la tabla 4.17, lo primero que se analiza es si las varianzas son iguales (Hipótesis nula  $H_0: \sigma_1 = \sigma_2$ ) o no (Hipótesis alternativa  $H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2$ ), lo que da como resultado la tabla 7.1.

	Prueba de hipótesis de varianzas $H_0: \sigma_1 = \sigma_2$								Resultado
	Septiembre-Noviembre		Enero-Marzo		Criterios de rechazo				
	Media	Desviación	Media	Desviación	Fo	F tablas	Fo		
Recepción-Ubicación	9	2.16	11	3.57	0.37	> 3.28	0.37	< 0.305131	No se rechaza $H_0$
Recepción-Inspección	20	7.93	19	5.24	2.29	> 3.28	2.29	< 0.305131	No se rechaza $H_0$
Inspección-Ubicación	12	4.25	11	4.25	1.001379	> 3.277277	1.001379	< 0.305131	No se rechaza $H_0$

**Tabla 0.1.** Prueba de hipótesis de varianzas entre los períodos Septiembre-Noviembre y Enero-Marzo.

Para el primer proceso de recepción-ubicación, la media es 9 y la desviación estándar 2.16 en el período de Septiembre-Noviembre, mientras que la media es de 11 y la desviación estándar de 3.57 en el período de Enero-Marzo. Para hacer la comparación de las medias es necesario saber si las varianzas son iguales o diferentes para ello se utiliza la ecuación 7.1, denominada prueba de hipótesis con la razón F de Fisher:

$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

Ecuación 7.1

Por lo que el resultado de la  $F_0$  (F calculada) es 2.162 entre 3.572 dando el resultado de 0.367. Este resultado se debe de comparar con el valor de tabla de la F de Fisher, para ello se necesita saber el número de elementos de la muestra, para ambos períodos hay una muestra de 13 elementos (semanas), y se necesita definir el nivel de significancia ( $\alpha$ ), para esta investigación se utiliza el 5%. Como la prueba que se está haciendo es de si son iguales o no, se busca en la tabla F con confianza del 0.975 ( $1-\alpha/2$ , donde el alfa es la significancia). Una vez obtenida la  $F_0$  y la F de tablas estas se comparan de acuerdo a los criterios de rechazo. En la tabla 7.1 se muestra que para todas las pruebas existe suficiente evidencia estadística para no rechazar  $H_0$ , en conclusión las varianzas del período Septiembre-Noviembre son iguales a las varianzas del período Enero-Marzo. Una vez que se sabe que las varianzas son

iguales se procede a hacer las pruebas de hipótesis de comparación de medias. Lo que da como resultado la tabla 7.2.

Prueba de hipótesis de medias $H_0: \mu_1=\mu_2$ Varianzas desconocidas y $\sigma_1=\sigma_2$								
	Septiembre-Noviembre		Enero-Marzo		Criterios de rechazo			Resultado
	Media	Desviación	Media	Desviación	To	T tablas		
Recepción-Ubicación	9	2.16	11	3.57	1.73	>	2.39	No se rechaza $H_0$
Recepción-Inspección	20	7.93	19	5.24	0.38	>	2.39	No se rechaza $H_0$
Inspección-Ubicación	12	4.42	11	4.25	0.60	>	2.39	No se rechaza $H_0$

**Tabla 0.2.** Prueba de hipótesis de medias entre los períodos Septiembre-Noviembre y Enero-Marzo. Como se aprecia en la tabla 7.2, existe suficiente evidencia estadística para no rechazar  $H_0$ , por lo que se concluye que las medias en los distintos períodos no son diferentes. Para obtener estos resultados se utilizó la prueba de hipótesis diferencia de media con varianzas desconocidas e iguales. A continuación se presenta el estadístico:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Ecuación 7.2

Donde  $S_p$  es:

$$S_p = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Ecuación 7.3

Para el primer proceso de recepción-ubicación, se sustituyen los valores en la ecuación, primero en la ecuación 7.3, como se mencionó anteriormente la muestra es de 13 elementos por lo que  $n_1$  y  $n_2$  es igual a 13, y la  $S_1^2$  es la varianza del período Septiembre-Noviembre (el cuadrado de la desviación estándar), con un valor de  $2.16^2=4.68$ , se hace lo mismo con la varianza del período Enero-Marzo. El resultado de  $S_p$  es 8.7, esto se sustituye en la ecuación 7.2, la  $\bar{X}$  es la media de cada proceso. El resultado de la ecuación en el proceso recepción-ubicación es -1.72, este es el valor calculado del estadístico. Este valor se compara con el valor de tablas, para encontrar dicho valor se utiliza una significancia del 5%, como se intenta demostrar

las medias son iguales (Hipótesis nula,  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ) o no (Hipótesis alternativa  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$ ), se utiliza una confianza de  $1-\alpha/2$ , es decir,  $1-0.05/2=0.975$ . Conociendo el tamaño de la muestra, lo que se quiere demostrar y el nivel de significancia, el valor de tablas obtenido para el primer proceso es 2.39. Después se hacen las comparaciones correspondientes con los criterios de rechazo. Por último se concluye si se rechaza o no la hipótesis nula. En la tabla 7.2, se observa que para ningún caso existe suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$ , por lo que se puede concluir que para todos los procesos las medias son iguales.

Para comparar las varianzas de los distintos procesos en el mismo período se repiten las operaciones de la ecuación 7.1 y la tabla 7.2. El resultado de la comparación de las varianzas del primer período se ilustra en la tabla 7.3.

Prueba de hipótesis de varianzas $H_0: \sigma_1 = \sigma_2$											
Recepción-Ubicación						Criterios de rechazo				Resultado	
Septiembre-Noviembre	Media	Desviación	Media	Desviación	Fo	>	F tablas	Fo	<	0.31	
Recepción-Inspección	20	7.93	9	2.16	0.07	>	3.28	0.07	<	0.31	Se rechaza $H_0$
Inspección-Ubicación	12	4.25	9	2.16	0.26	>	3.28	0.26	<	0.31	Se rechaza $H_0$
Inspección-Ubicación											
Recepción-Inspección	20	7.93	12	4.25	3.48	>	3.28	3.48	<	0.31	Se rechaza $H_0$

**Tabla 0.3.** Prueba de hipótesis de varianzas en el período Septiembre-Noviembre.

En la tabla 7.3 se observa todos los resultados de la comparación entre las varianzas que indican que existe suficiente evidencia estadística para rechazar  $H_0$ , por lo que se puede concluir que las varianzas en el primer período no son iguales. En la tabla 7.4.

Prueba de hipótesis de varianzas $H_0: \sigma_1 = \sigma_2$											
Recepción-Ubicación						Criterios de rechazo				Resultado	
Enero-Marzo	Media	Desviación	Media	Desviación	Fo	>	F tablas	Fo	<	0.31	
Recepción-Inspección	19	5.24	11	3.57	2.15	>	3.28	2.15	<	0.31	No se rechaza $H_0$
Inspección-Ubicación	11	4.25	11	3.57	1.42	>	3.28	1.42	<	0.31	No se rechaza $H_0$
Inspección-Ubicación											
Recepción-Inspección	19	5.24	11	4.25	0.66	>	3.28	0.66	<	0.31	No se rechaza $H_0$

**Tabla 0.4.** Prueba de hipótesis de varianzas en el período Enero-Marzo.

En la tabla 7.4 se observa los resultados de la comparación entre las varianzas que indican que en el período de Enero-Marzo existe suficiente evidencia estadística para no rechazar  $H_0$ , por lo que se puede concluir que las varianzas en el segundo período no son diferentes.

## 7.4 Diagrama De/A del flujo de material e información

Origen-Destino	Muelle	Recepción	Inspección	Coordinadora	Preparación de pedidos	Materiales	Entrada producción	Supervisor	Embarques
Muelle		1156							
Recepción	272		630			462		21	
Inspección		300				600			
Coordinadora					880	660		42	520
Preparación de pedidos				198		1710	56750	90	
Materiales					2100				
Entrada producción									3450
Supervisor		35	40	175	150	2000			1200
Embarques	2400	320		160	1800	900	46	1600	
							Flujo de material e información		80667

**Anexo 7.4a.** *Análisis del flujo de materiales, información y personas en formato origen-destino (distancia medida en pies) antes del diseño de instalaciones.*

Origen-Destino	Muelle	Recepción	Inspección	Coordinadora	Preparación de pedidos	Materiales	Entrada producción	Supervisor	Embarques
Muelle		884							
Recepción	208		168			1365		270	
Inspección		80				300			
Coordinadora					200	600		120	120
Preparación de pedidos				45		1710	22700	15	
Materiales					2100				
Entrada producción									4500
Supervisor		450	80	500	25	1000			400
Embarques	2400	80		60	800	100	46	800	
							Flujo de material e información		42126

**Anexo 7.4b.** *Análisis del flujo de materiales, información y personas en formato origen-destino (distancia medida en pies) después del diseño de instalaciones, con una mejora del 47% en la reducción de la distancia recorrida.*

## 7.5 Frecuencia de usos de materiales de los distintos departamentos.

Departamento	Agosto	Julio	Junio	Mayo	Abril	Marzo	Estimación demanda
Arinc	8%	6%	6%	5%	2%	0%	5%
Amplimite	8%	10%	7%	10%	11%	9%	9%
PNP	49%	37%	46%	48%	41%	47%	44%
PDP	5%	11%	5%	3%	6%	7%	6%
MTC	4%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
Nanonics	11%	11%	14%	11%	14%	12%	12%
Microdot	14%	20%	16%	17%	20%	18%	18%

**Anexo 7.5.** Frecuencia de uso de los 6 departamentos más importantes.

## 7.6 Sistema SISMA, propuesta para ordenar prioridades y las demás órdenes

Solicitud de Armado. Armado de ordenes completas

L23 05/16/2014 3:10 PM

	LT	Dpto	Start Date	Due Date	St		Orden #	Ensamble	Estandar	Cantidad Producida	Cantidad Remanente	Horas Remanentes	Descripcion del ensamble	Prioridad	PMC	Comentario
138	9003	9057	201405	14204	Q	<input checked="" type="checkbox"/>	200208587890	2221056-2	0.174	0	1	5.75	TRACK	<input type="checkbox"/>	QIP22	
139	9003	9057	201405	14204	Q	<input checked="" type="checkbox"/>	200208587893	2221036-2	0.174	0	1	5.75	TRACK	<input type="checkbox"/>	QIP22	
140	9003	9057	201405	14206	Q	<input checked="" type="checkbox"/>	200208741723	9-2033236-7	0.2	0	1	5.00	ASSY, PNP,	<input type="checkbox"/>	QIP21	

Descripcion del ensamble	Prioridad	PMC
TRACK	<input type="checkbox"/>	QIP22
TRACK	<input type="checkbox"/>	QIP22
SSY, PNP,	<input type="checkbox"/>	QIP21

No de Emp del Originador: 05855 CAREAGA AGUILAR ALEJANDRINA

Comentario

Total de Registros: 1783

Siguiente >>
Solicitar Ordenes
<< Anterior
Cancelar
Exportar

Anexo 7.6. Sistema SISMA actual para ordenar prioridades

Solicitud de Armado. Armado de ordenes completas

L23 05/16/2014 3:10 PM

	LT	Dpto	Start Date	Due Date	St		Orden #	Ensamble	Estandar	Cantidad Producida	Cantidad Remanente	Horas Remanentes	Descripcion del ensamble	Prioridad	PMC	Comentario
138	9003	9057	201405	14204	Q	<input checked="" type="checkbox"/>	200208587890	2221056-2	0.174	0	1	5.75	TRACK	1	QIP22	
139	9003	9057	201405	14204	Q	<input checked="" type="checkbox"/>	200208587893	2221036-2	0.174	0	1	5.75	TRACK	2	QIP22	
140	9003	9057	201405	14206	Q	<input checked="" type="checkbox"/>	200208741723	9-2033236-7	0.2	0	1	5.00	ASSY, PNP,	3	QIP21	

Descripcion del ensamble	Prioridad	PMC
TRACK	1	QIP22
TRACK	2	QIP22
SSY, PNP,	3	QIP21

No de Emp del Originador: 05855 CAREAGA AGUILAR ALEJANDRINA

Comentario

Total de Registros: 1783

Siguiente >>
Solicitar Ordenes
<< Anterior
Cancelar
Exportar

Anexo 7.6. Sistema SISMA propuesto para ordenar prioridades y las demás órdenes.

Para ello se debe crear un sistema de prioridades o importancia, por ejemplo:

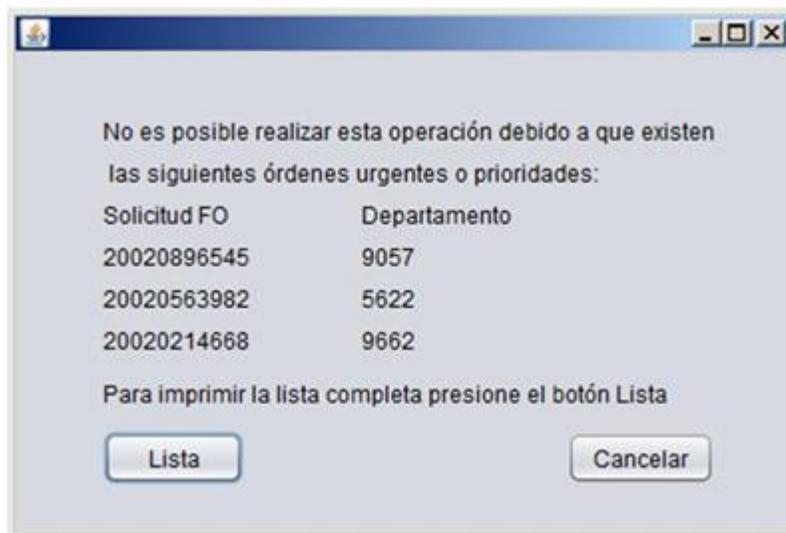
**Poner valores numéricos**

- 0 Urgentes entrega menor a 6 horas
- 1 Prioridades entrega menor a 12 horas
- 2 Principales entrega menor a 18 horas
- 3 Normales entrega menor a 24 horas
- 4 No urgentes entrega menor a 30 horas

**Para PNP (repetibles)**

- 0 Urgentes entrega menor a 6 horas
- 1 Prioridades entrega menor a 9 horas
- 2 Prioridades entrega menor a 12 horas
- 3 Principales entrega menor a 15 horas
- 4 Principales entrega menor a 18 horas
- 5 Normales entrega menor a 21 horas
- 6 Normales entrega menor a 24 horas
- 7 No urgentes entrega menor a 27 horas
- 8 No urgentes entrega menor a 30 horas

Aparte de los cambios en el sistema SISMA, se deben de colocar señales de advertencia y candados, como por ejemplo: No dejar hacer otras órdenes a menos que sean 0. Si no hay 0, No dejar hacer órdenes a menos que no sean prioridades, y así sucesivamente. Si hay prioridades y principales, se pueden hacer normales y no urgentes si y solo si el plazo ya se ha vencido por más de 12 horas. Cada vez que no se permita hacer una orden se debe imprimir en pantalla la lista en orden en que se deben de entregar.



**Anexo 7.6b.** Sistema SISMA propuesto para ordenar prioridades y las demás órdenes.