

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
ANÁLISIS DE LAS ACTIVIDADES INVOLUCRADAS EN LOS
PROCESOS DE RECEPCIÓN Y UBICACIÓN DE UN
ALMACÉN DEL NOROESTE DE MÉXICO

T E S I S

PRESENTADA POR

JESÚS NOEL VALENZUELA LEYVA

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.

FEBRERO 2013

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



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



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

RESUMEN

En los ambientes de manufactura esbelta, las organizaciones han optado por eliminar los almacenes dentro del perímetro de sus instalaciones; sin embargo, debido a que contar con un almacén representa algunas ventajas, han recurrido a la subcontratación, dejando de esta manera las actividades de almacenamiento a terceros.

Cuando un tercero realiza las actividades de almacenamiento, éste se tiene que adaptar a las necesidades del cliente, por ejemplo requerimientos de calidad, tiempos de ciclo, niveles de inventario, etc. lo cual representa una dificultad debido a que debe existir un intercambio constante de información entre los proveedores, el almacén y los clientes ya que de lo contrario se tendrán interrupciones en la cadena de suministro; aunado a lo anterior, en los últimos años los almacenes han ido más allá, al realizar actividades como el etiquetado, empaque, traspaleo, etc.

Si bien la mayor parte de los costos se encuentran en el proceso de recuperación, los procesos de almacenamiento y Recepción pueden contribuir a una reducción considerable, ya que si se conoce con seguridad cuando llegará un camión al almacén y se tienen con anticipación las ubicaciones que ocupará dicho material, se ahorra tiempo y recursos.

En este trabajo se analizan los procesos de Recepción y ubicación, el caso de estudio se divide en 7 secciones a través de las cuales se describe la situación actual de la organización en donde se realiza el trabajo, se proporciona un marco de referencia obtenido a partir de la revisión de literatura relacionada con el tema y casos similares, para proponer una metodología. Se muestran los resultados del análisis y las conclusiones obtenidas para finalizar con una serie de recomendaciones que pueden contribuir a mejorar los procesos. Al final se dedican unos párrafos a temas relacionados con el problema y que podrían servir como guía para futuros trabajos.

ABSTRACT

In lean manufacturing environments, the organizations have decided to remove the warehouses inside their facilities, however due counting with a warehouse could represent some advantages; they have decided to use third party logistics to do activities and processes warehousing.

When a third party realizes the warehousing activities, they have to adopt the customer's needs like quality requirements, cycle time, inventory levels, etc. These activities represent a challenge because it must exist a constant information interchange among suppliers, customer and warehouse. If the previous conditions and requirements can't be fulfilled there will be interruptions in the supply chain. Now if we consider the increase of competitiveness in the last decades we obtain a complex environment to manage and control the warehousing activities.

The literature review shows that the most part of costs could be found in the picking process; the storage and receiving processes have received much less attention; however with appropriate policies for receiving and storage, the organization can contribute with a substantial reduction in costs.

In this paper, storage and receiving processes are analyzed; the work is divided in seven sections. In section one, the actual situation is described and also presents a problem to solve; the section two provide a framework to understand the warehousing processes, material flow and some concepts of lean manufacturing and quality control.

The section three shows a methodology to solve the problem, section four presents the results of the methodology, and finally the section five gives conclusions of the paper, at the end, the author provide a series of recommendations and future works.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme vivir y alcanzar algunas de mis metas.

A mis padres, porque sin su apoyo no habría podido llegar a este punto de mi vida

A mis hermanos que siempre han sabido como alegrarme la vida.

A mi director de tesis, el Dr. Luis Felipe Romero Dessens, porque sin sus enseñanzas y paciencia no hubiera sido posible la culminación de esta tesis.

A mis compañeros y amigos: Jesús Salmon, Javier Molina, Natanael Elenes, Diana Romero, Miguel Enrique López, Miguel Francisco López, Rafael Amaya, Daniela Rascón, Abril Espinoza, Gerardo Fuentes.

A la Universidad de Sonora, por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de haber pertenecido al posgrado en ingeniería industrial.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI 2011) por su apoyo económico.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Objetivo general	4
1.4 Objetivos específicos	4
1.5 Preguntas de investigación	5
1.6 Hipótesis	5
1.7 Alcances y delimitaciones	5
1.8 Justificación	5
2. MARCO DE REFERENCIA	6
2.1 Flujo de materiales.....	6
2.1.1 Diseño de instalaciones.....	6
2.1.2 Manejo de materiales.....	7
2.1.2.1 Los 10 Principios del MM.....	8
2.1.3 Equipos para MM.....	9
2.1.4 Sistemas de información.....	11
2.1.4.1 Funciones de un sistema de información	12
2.2 Almacén e inventario.....	13
2.2.1 Almacén.....	13
2.2.1.1 Diferencia entre almacén y bodega	14
2.2.1.2 Clasificación de los almacenes.....	14

2.2.1.3	Procesos dentro un almacén	16
2.2.4.1	Recepción.....	17
2.2.4.2.	Ubicación.....	17
2.2.4.3	Recuperación	18
2.2.4.4	Suministro.....	18
2.2.2	Inventario	19
2.2.2.1	Clasificación ABC	20
2.2.2.2	Método para la clasificación ABC	21
2.2.2.3	Conteos cíclicos	23
2.3	Manufactura esbelta y control de calidad	23
2.3.1	Manufactura esbelta	24
2.3.1.2	Herramientas de manufactura esbelta.....	25
2.3.1.3	Value stream mapping (VSM).....	25
2.3.1.4	5's.....	27
2.3.1.5	Kanban	27
2.3.1.6	Kaizen.....	28
2.3.1.7	Justo a tiempo	29
2.3.1.8	Mantenimiento productivo total.....	29
2.3.1.9	SMED	30
2.3.1.10	Manufactura celular	30
2.3.2	Control de calidad	31
3.2.2	Herramientas para el control de calidad	31
3.	METODOLOGÍA.....	38
3.1	Descripción de las actividades en cada proceso	39
3.2	Flujo de material y desplazamientos	39
3.3	Obtener las causas del problema.....	40
3.4	Análisis de estándares de trabajo	40
3.5	Métodos para el control de inventario	41
4.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	43

4.1 Descripción de las actividades en cada proceso	43
4.1.2 Diagramas de actividades para el montacargas 1	46
4.1.2 Diagramas de actividades para el montacargas 2	47
4.1.3 Ubicaciones del material	47
4.1.3.1 Ubicaciones para el material que se recibe	48
4.1.3.2 Ubicaciones para el material traspaleado	48
4.2 Causas del problema	50
4.3 Flujo del material	54
4.4 Indicadores de desempeño	54
4.4.1 Estándares de trabajo	55
4.4.1 Ritmo de trabajo (Takt Time)	57
4.4.1.1 Tiempo de ritmo (TT) para cumplir la demanda de cajas azules	57
4.4.1.2 Tiempo de ciclo	57
4.4.1.3 Tiempo de ciclo cajas azules	58
4.5 Control de inventario	58
4.5.1 Formatos de control	58
4.5.1.1 Formato de control de traspaleo	58
4.5.1.2 Formato de embarque	58
4.5.1.3 Formato de salida	59
4.5.2 Niveles de inventario	59
4.5.3 Software	60
4.5.4 Conteos cíclicos	60
5. RESULTADOS	62
5.1 Descripción de las actividades	62
5.2 Causas del problema	62
5.3 Flujo del material	63
5.4 Indicadores de desempeño	63
5.5 Control de inventario	63

6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	64
6.1 Conclusiones.....	64
6.2 Recomendaciones	66
6.3 Trabajos futuros	67
7. REFERENCIAS.....	68
8. ANEXOS	79
ANEXO 1 Ubicaciones del material.....	79
ANEXO 2 Tiempo de ciclo para cajas azules según el cliente.....	83
ANEXO 3 Intervalo para la cantidad de cajas/turno	84
ANEXO 4 Demanda de cajas azules para cada ruta	85
ANEXO 5 Intervalos de confianza para la demanda de cajas azules de cada ruta	86
ANEXO 6 Demanda de cajas azules para cada número de parte: ruta azul.....	87
ANEXO 7 Formatos que se usa actualmente para el control de entradas y salidas.....	89
ANEXO 8 Nomenclatura utilizada para asignar el nombre a los archivos en que se registran las entradas y salidas de material	90
ANEXO 9 Formato para el registro de salida de material de la ruta azul	91
ANEXO 10 Formato de control diario de traspaleo	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Procesos dentro de un almacén (Gu et al., 2006, p. 2)	17
Fig. 2.2 Curva de mejora (citada en Nicholas, 2010, pág. 36)	28
Fig. 3.1 Metodología propuesta para la solución del problema	38
Fig. 4.1 Actividades que conforman los procesos dentro del almacén	44
Fig. 4.2 Diagrama de actividades del montacargas 1	46
Fig. 4.3 Diagrama de actividades del montacargas 2.....	47
Fig. 4.4 Distribución física de las ubicaciones para almacenar el material	49
Fig. 4.5 Histograma y diagrama de Pareto de las causas de línea	51
Fig. 4.6 Histograma de paros por ubicación	52
Fig. 4.7 Histograma de paros por turno	52
Fig. 4.8 Diagrama de las causas específicas de los paros de línea	53
Fig. 4.9 Diagrama de desplazamientos dentro del almacén	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificaciones para el equipo de MM	10
Tabla 2.2 clasificación del EMM de acuerdo a Tompkins et al. (2003).....	11
Tabla 2.3 Resumen de las características de los tipos de almacén (Dolgui y Proth, 2010, p. 421)	15
Tabla 2.4 Tipos de almacenes (Berg y Zijm, 1999, p. 520)	16
Tabla 2.5 Clasificación de los almacenes de acuerdo a la etapa del proceso en que se encuentra la materia prima (Correa, et al., 2011)	16
Tabla 2.6 Operaciones típicas en un almacén desde un enfoque estocástico	19
Tabla 2.7 las 7 herramientas propuestas por Ishikawa para el control de la calidad	33
Tabla 2.8 Clasificación de las herramientas de calidad de acuerdo a su uso	34
Tabla 2.9 Las 7 nuevas herramientas para el control de la calidad.....	36
Tabla 2.10 Etapas del proceso de mejora de software	37
Tabla 4.1 Operaciones realizadas en el almacén para cada proceso	46
Tabla 4.2 Secciones, niveles y estantes en que se puede ubicar el material que se recibe	48
Tabla 4.3 Rutas en que se puede encontrar el material traspaleado	50
Tabla 4.4 Causas de paro en la línea de producción del cliente	50
Tabla 4.5 Ubicación de los materiales que han causado paro en la línea de producción del cliente	51
Tabla 4.6 Cantidad de paros por turno de trabajo	52
Tabla 4.7 Indicadores de desempeño utilizados en el almacén	54
Tabla 4.8 Muestras piloto para el traspaleo de cajas azules y carros	55
Tabla 4.9 Distribución de los tiempos durante la jornada de trabajo	57
Tabla 4.10 Clasificación ABC para los números de parte de la ruta azul	61

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad cada vez se vuelve más indispensable contar con una cadena de suministro que pueda garantizar que el cliente inmediato recibirá el producto o servicio en el momento y en las condiciones que lo requiera. Esto ha causado una tendencia a disminuir tiempos de entrega, filosofías de cero defectos, etc.

En lo que concierne a los almacenes, estos no son ajenos a lo antes mencionado, sobre todo cuando sus clientes trabajan bajo esquemas de manufactura esbelta, la cual como es bien sabido tiene como finalidad la eliminación de desperdicios.

En el caso de estudio que se presenta, se analizan las actividades de los procesos de recepción y ubicación de un almacén cuya función es suministrar autopartes a un cliente que opera bajo esquemas de manufactura esbelta, solo se incluyen la recepción y ubicación porque son los procesos sobre los que tiene control el almacén, la recuperación y suministro están a cargo del cliente.

1.1 Antecedentes

Los almacenes proveen un lugar para el manejo, protección y ubicación de bienes; forman parte integral de las funciones de negocio de la organización y se presentan como una ventaja competitiva cuando contribuyen a mejorar los niveles de satisfacción del cliente y la reducción de los costos de transportación (APICS, 2012), este espacio representa costos, por lo que cada vez más compañías buscan la manera de reducirlos para mejorar la productividad almacenes y centros de distribución; es común que entre las principales acciones aumentar la eficiencia están el aprovechar al máximo el espacio así como asegurar un flujo constante de los bienes mediante la realización de las operaciones de forma eficiente.

A pesar de que los almacenes representan costos, son absolutamente necesarios para una operación adecuada de los procesos de distribución (Khojasteh-Ghamari, 2012), por lo que un desempeño exitoso depende entre otras cosas de un diseño apropiado entre las instalaciones, el sistema de manejo de materiales y los flujos de información.

De Koster (1999) destaca la importancia que tiene la reducción del tiempo que le lleva a un almacén el procesamiento y entrega de las órdenes de requisición, argumentando que entre las principales razones, para aquellos que operan en territorio de la Unión Europea, se tienen las siguientes:

- Los proveedores de compañías manufactureras están siendo forzados a trabajar bajo políticas de justo a tiempo (JIT).
- La reducción de los tiempos de entrega representa una ventaja competitiva
- Cada vez se vuelve más difícil reducir los tiempos de entrega debido a factores como el incremento gradual en los surtidos y ordenes cada vez más pequeñas.
- Muchas compañías internacionales han centralizado sus almacenes, de manera que es común que un almacén atienda órdenes de varios países.
- Los tiempos de entrega cortos son considerados en muchas organizaciones como una ventaja competitiva, esto pone presión sobre el desempeño interno, especialmente en lo que se refiere a los procesos de recuperación de material.
- El incremento de las actividades de valor logístico agregado (VAL), por sus siglas en inglés, ha dado lugar a nuevas actividades que han de llevarse a cabo durante o después de la preparación de pedidos.

La mayoría de los almacenes enfrentará gradualmente lo que se menciona en los puntos anteriores, de modo que es importante encontrar una manera de reducir los tiempos de entrega, procesamiento de órdenes y asegurar un flujo constante de información. Lo anterior se puede lograr a partir de un rediseño total de las instalaciones, una mayor mecanización y automatización de procesos, sin embargo en algunos casos representa inversiones que la organización no está dispuesta a realizar.

En todos los almacenes siempre se encontrarán cuatro procesos básicos: Recepción, ubicación, recuperación y suministro, los cuales a su vez se dividirán en subprocesos que variarán de acuerdo al tipo de almacén. A pesar de que en la literatura se puede encontrar gran cantidad de investigación relacionada con almacenes, la mayor parte se concentra en el proceso de recuperación Gagliardi

et al. (2007) prestando menos atención a la ubicación de los artículos, además es importante mencionar que autores como Gómez et al. (2008) destacan la importancia que tienen las políticas de recepción y ubicación de los bienes, tanto en el proceso de recuperación como en el desempeño general del almacén.

En el proceso de ubicación, se le ha dado especial énfasis a las políticas de ubicación, las cuales se pueden definir como la manera en que serán ubicados los bienes, para que los tiempos de recuperación sean más rápidos. En el proceso de ubicación, generalmente se identifican las siguientes políticas: ubicación aleatoria, por clases, familias, ubicación más cerca y por volumen, o alguna combinación de ellas, sin embargo cuando la variabilidad es demasiado alta no es posible identificar alguna política que proporcione el mejor desempeño (Malmborg, 1998) (Gagliardi et al., 2007) (Petersen et al., 2003).

En su trabajo "*Warehouse Assessment in a Single Tour*" De Koster (2012) señala que el desempeño de un almacén implica diversos criterios, regularmente es medido en términos de la proporción entre entradas/salidas. Las entradas se refieren a las horas de trabajo usadas al año, inversiones en tecnologías de la información, instalaciones, procesos organizacionales, etc. Las salidas por otra parte, comúnmente consideran la producción, calidad, flexibilidad, agilidad e innovación, niveles de inventario, etc.

a empresa Supplier's City S.A. de C.V. ubicada en el boulevard Futura no. 10 del parque industrial Dynatech, en la ciudad de Hermosillo Sonora, ha logrado colocarse como un proveedor de servicios de logística para diferentes empresas, cuenta con 3 almacenes en los que distribuye todas sus operaciones, el almacén número dos tiene la función de almacenar la materia prima de una empresa cuya actividad principal es la elaboración de escapes para automóviles, esta empresa opera bajo políticas de manufactura esbelta, por lo que un requisito es que sus proveedores operen bajo las mismas prácticas.

Debido a lo antes mencionado, la organización ha decidido implementar en sus almacenes prácticas de manufactura esbelta, tal como las 5's, estandarización de las actividades, células de trabajo, etc. cumpliendo de esta manera con el requisito de su cliente inmediato. En el almacén 2, se cuenta con 32 empleados

distribuidos en las áreas de montacargas, traspaleo, recepción de material, captura y puestos administrativos cuyo objetivo principal es satisfacer la demanda interna de material de su cliente inmediato.

1.2 Planteamiento del problema

En el almacén se trabaja bajo un conjunto de políticas tanto administrativas como control para cumplir con la demanda interna del cliente inmediato así como mantener ciertos niveles de inventario; cuando no se cumplen estos objetivos la consecuencia es el paro en la línea de producción del cliente lo cual provoca sanciones económicas para la organización. Sin embargo, a pesar que en algunas ocasiones no se han cumplido los objetivos, la organización ha optado por seguir operando bajo los mismos lineamientos.

Lo anterior lleva a plantearse interrogantes sobre la administración y control del almacén; específicamente en lo que se refiere a las políticas actuales, que a pesar de que no siempre han cumplido con los objetivos continúan siendo utilizadas y que en caso de ser necesaria una reestructuración, cuáles son los elementos que se necesitan para lograrlo.

1.3 Objetivo general

Analizar las actividades y procedimientos que se realizan en el almacén para la identificación de áreas de oportunidad y para la elaboración de una propuesta que permita agilizar el flujo de material hacia la línea de producción del cliente.

1.4 Objetivos específicos

- Establecer Identificar las actividades que podrían impedir el flujo de material hacia la línea de producción del cliente.
- Identificar las causas que impiden cumplir con la demanda interna del cliente.
- Elaborar una posible propuesta para asegurar un flujo constante y cumplir con la demanda interna de material.

1.5 Preguntas de investigación

- ¿En qué actividades están los cuellos de botella?
- ¿Cuáles son las causas que impiden cumplir con la demanda interna?
- ¿Mediante cuáles herramientas se puede cumplir con la demanda y asegurar un flujo constante de material?

1.6 Hipótesis

Las políticas de administración y control bajo las que opera actualmente el almacén son las adecuadas, por lo que una reestructuración dichas políticas resultaría innecesaria.

1.7 Alcances y delimitaciones

Algunas restricciones a la que se enfrenta el personal del almacén es que la agrupación de los números de partes al igual que los procesos de recuperación y suministro son controladas por el cliente, por esta razón el presente trabajo se centrará en el análisis de los procesos de Recepción y ubicación, dejando como futuras líneas de trabajo la recuperación y suministro de material.

1.8 Justificación

Las políticas de administración y control están fuertemente ligadas con el desempeño de un almacén, lo cual puede ser medido a partir de la satisfacción del cliente, tiempos de entrega, desplazamientos, capacidad para cumplir con la demanda interna, etc. por lo que la revisión periódica de las políticas se convierte en una necesidad para asegurar tanto el buen desempeño como la detección oportuna de posibles interrupciones del flujo de material durante el tiempo que permanezcan en el almacén.

Asegurando un flujo regular del material e identificando posibles amenazas, aumenta la certeza de que el cliente contará con su material en el lugar y el momento que lo requiera, evitando sanciones económicas para la organización.

2. MARCO DE REFERENCIA

En esta sección se presentan los conceptos básicos relacionados con la investigación, la profundidad con la que son abordados varía según el peso que tiene para el presente trabajo. Se abarcan tres temas relacionados con el problema: flujo de materiales, almacén e inventario y manufactura esbelta y calidad.

2.1 Flujo de materiales

En todo sistema el contar con un flujo constante y sin interrupciones representa una condición ideal en el funcionamiento de dicho sistema, sin embargo es frecuente la presencia de interrupciones en el flujo.

En el caso de los almacenes, como se verá más adelante, las interrupciones en los flujos de tanto de bienes como de información, pueden tener consecuencias significativas en los eslabones siguientes de la cadena de suministro, de aquí la importancia de lograr un flujo constante y sin interrupciones. En la sección 2.1 se abordarán los temas que tienen un impacto significativo en el flujo de materiales en el almacén al igual que se hará mención de algunos casos de estudio referentes al tema.

2.1.1 Diseño de instalaciones

El diseño de instalaciones (DI) es considerado uno de los temas más importantes en la etapa de diseño de las instalaciones debido a la creciente competencia entre industrias, regulaciones ambientales, especificaciones del producto, etc. (Xu, et al., 2009). Aunque en la década de los ochentas, DI se refería principalmente al arreglo espacial dentro de las instalaciones y las conexiones necesarias entre las mismas para asegurar el flujo de materiales (Mecklenburgh, 1985), en la actualidad para que un DI pueda considerarse adecuado, este debe tener en cuenta aspectos tales como los procesos administrativos, ergonómicos, de seguridad, entre otros S.I. (Xu, et al., 2009).

El DI puede ser visto como la base para disponer de instalaciones con una producción eficiente si se considera el impacto significativo que tiene sobre la productividad (Wong, et al., 2010) y los costos de MM que pueden ser reducidos de un 10 – 30% mediante un DI y un MM robusto (Tompkins, et al., 2003).

Llegando a una descripción de lo que es DI, se dice que es el arreglo físico de los equipos dentro de un espacio, con miras a apoyar la realización el trabajo de un modo económico y eficiente (Jithavech, et al., 2009) (Zhenyuan, et al., 2011).

Dentro de la literatura relacionada al DI, se consideran temas como el costo de MM, tiempo total de producción, inversión en equipo, uso efectivo del espacio disponible, seguridad, flexibilidad en el reordenamiento del equipo y operaciones para facilitar los procesos (González-Cruz, et al., 2011).

Yang y Feng (2006) tratan con la distribución de un almacén multinivel en un ambiente difuso, en donde diferentes tipos de artículos necesitan ser ubicados, la demanda mensual de cada artículo y la distancia horizontal recorrida son tratadas como variables difusas. El principal objetivo del trabajo es minimizar el costo total de transporte, para resolver esto diseñan un algoritmo tabú basado en simulación difusa.

Como se puede apreciar, es imposible hablar de MM sin considerar la distribución de planta y las implicaciones que esta tiene para el sistema de MM.

2.1.2 Manejo de materiales

Podría pensarse que el manejo de materiales (MM) es algo reciente, que se dio a consecuencia de la industrialización; sin embargo ha estado presente desde muchos siglos atrás, cuando el hombre movía piedras de un lugar a otro para construir refugios, transportaba frutos recolectados, etc.

El funcionamiento de un sistema de manufactura no sería posible sin la realización de actividades cuyo objetivo es asegurar el flujo del producto y que a pesar de no agregar valor, representan uno de los costos más altos para la empresa, lo anterior es visto como una oportunidad en la cual, la reducción de costos y mejoras de calidad pueden ser posibles (Gamberi, et al., 2008) (Rezaei, 2010).

Desde hace algunas décadas, se ha considerado al MM como una ciencia y un arte, ya que para llevarlo a cabo de manera eficiente es necesario considerar aspectos como el DI, equipo, ubicación, flujo, costos, etc. desde el punto de vista de la ciencia y la experiencia de saber ¿cuándo? algo esta correcto o incorrecto por el lado del arte (Tompkins, et al., 2003).

Aun así, la manera tradicional lo relaciona únicamente con el movimiento; la manera en ¿cómo?, ¿quién?, ¿dónde?, ¿cuándo?, ¿con qué?, la posición, los costos, etc. tienen más que ver con la administración de recursos y con enfoques que apuntan al almacenamiento, requerimientos y asignación los cuales son parte de un enfoque progresivo (Tompkins, et al., 2003).

En esta sección se entenderá por manejo de materiales como el conjunto de actividades realizadas para proporcionar el material en tiempo y forma a quien lo solicita y al menor costo. Interrogantes relacionada a como, quien, mediante, costos, posición, condiciones, etc. serán consideradas como objetivos del manejo de material y a partir de los cuales se puede medir su desempeño.

2.1.2.1 Los 10 Principios del MM

Tompkins et al. (2003) menciona que al momento de seleccionar el equipo para el MM es necesario considerar los 10 principios del manejo de materiales propuestos por el Material Handling Industry of America.

A continuación se presenta una descripción de cada principio.

1. Principio de planeación: Define el material y los movimientos para establecer el método de MM.
2. Principio de estandarización: Significa menos variedad y personalización en los métodos y equipo empleados.
3. Principio de trabajo: La medida del trabajo es el flujo de materiales multiplicado por la distancia que se trasladan.
4. Principio ergonómico: Se busca la adaptación del trabajo o las condiciones laborales a las aptitudes del trabajador.
5. Principio de carga unitaria: La carga unitaria, es aquella que se traslada o se almacena como una entidad única (un pallet, un contenedor, una bolsa,

- etc.) sin tomar en cuenta el número de artículos individuales que forman la carga.
6. Utilización del espacio: Todo el espacio disponible debe utilizarse de manera eficiente. En el manejo de materiales, el espacio es tridimensional y, en consecuencia, se considera espacio cúbico.
 7. Principio del sistema: Las actividades de almacenamiento y de MM deben ser totalmente integradas para formar un sistema operacional coordinado con los tiempos de Recepción, inspección, ubicación, producción, ensamble, embarques, etc.
 8. Automatización: Es una tecnología relacionada con la aplicación de dispositivos electromecánicos, electrónicos y sistemas basados en computadoras para operar y controlar las actividades de producción y servicios. Sugiere la vinculación de varias operaciones mecánicas para crear un sistema que se controle mediante instrucciones programadas.
 9. Principio ambiental: Aparece a partir de la intención de no desperdiciar recursos naturales y de predecir y eliminar posibles efectos negativos de nuestras acciones diarias en el ambiente.
 10. Costo del ciclo de vida: Incluyen todos los flujos en efectivo que ocurren a partir del momento en el que se gasta dinero por primera vez para planificar u obtener una nueva pieza del equipo, o para implantar un método nuevo, hasta que ese método y/o equipo se reemplaza por completo.

2.1.3 Equipos para MM

Conocer la alternativas de equipo para el manejo de materiales es esencial en el diseño de una sistema de MM (Tompkins, et al., 2003), seleccionar de manera adecuada este equipo es un problema de toma de decisiones con múltiples criterios, influenciado por el desarrollo continuo de nueva tecnología, prácticas y equipos y que no puede llevarse de manera aislada, sin considerar el sistema de almacenamiento (Chakraborty y Banik, 2005) (Sople, 2007). En la tabla 2.1 se muestra la clasificación de EMM de tres autores.

Tompkins (2003)	Chakraborty y Banik (2005)	Sople (2007)
Almacenamiento y recuperación	Sistemas de transporte	Equipo de transporte y elevadores
Contenedores y equipo unificador	Vehículos industriales	Equipo de almacenamiento
Equipo de transporte	Grúas y elevadores	Vehículos guiados automáticamente
Equipo de identificación y comunicación	Equipo auxiliar	Equipo de manejo automático
		Robots

Tabla 2.1 Clasificaciones para el equipo de MM

Dentro de estos equipos, aquellos relacionados con el transporte de material entre los centros de proceso mejoran considerablemente la competitividad a través de la reducción en costos por manejo de materiales (Sayarshad, 2009).

Como puede observar la clasificación del equipo varía de acuerdo a cada autor, por ello se decidió optar por la clasificación propuesta por Tompkins, et al. (2003) ya que Chakraborty y Banik (2005) no especifican a que se refiere el equipo auxiliar; por otro lado Sople (2007) no contempla el equipo usado para identificación y comunicación y aunado a eso los vehículos guiados automáticamente pueden incluirse en la categoría de equipo de transporte.

En la tabla 2.2 se muestra una breve descripción para las categorías en que Tompkins et al. (2003) clasifican el EMM.

Clasificación	Descripción
Contenedores y equipo unificador	<p>Contenedores: A menudo son usados para facilitar el movimiento y almacenamiento de artículos sueltos. De manera adicional, dependiendo de las características del artículo a mover o almacenar, puede ser colocado en un pallet para facilitar su transporte y almacenamiento.</p> <p>Unitizadores: Este equipo se ha diseñado para facilitar la formación de unidades de carga.</p>
Equipo de transporte	<p>Transportadores: Se utilizan cuando se presentan desplazamientos frecuentes entre puntos específicos. Sin embargo debe existir un desplazamiento suficiente para justificar la asignación de equipo a la tarea de manejo.</p> <p>Vehículos industriales: Representan una manera versátil de llevar a cabo el manejo de material; son utilizados cuando el movimiento es intermitente e implica grandes desplazamientos</p> <p>Monorraíles, elevadores y grúas: son utilizados cuando se transporta el material de un punto a otro pero dentro de la misma área de trabajo, en general proveen mayor flexibilidad en movimiento que los transportadores, sin embargo no tienen el grado de flexibilidad con que cuentan los vehículos industriales.</p>
Equipo de almacenamiento y recuperación	<p>Unidad de carga para almacenamiento y recuperación</p> <p>Equipo para almacenamiento y recuperación de carga pequeña</p>
Comunicación y recolección automática de datos	<p>Identificación y reconocimiento automático</p> <p>Comunicación electrónica y electrónica</p>

Tabla 2.2 Clasificación del EMM de acuerdo a Tompkins et al. (2003)

2.1.4 Sistemas de información

Un sistema de información, es un conjunto que integra componentes desarrollados en un entorno tecnológico para el almacenamiento, procesamiento y distribución de la información, partiendo de una necesidad de información previamente definida (Manso, 2008).

Además de lo anterior se destaca su utilidad en el manejo adecuado de la información la información, con miras a el almacenamiento, identificación, transformación, organización, tratamiento y recuperación de la misma, y que se

auxilia de la tecnología que a su vez sirve como un facilitador del uso y funciones de la información (Díaz, et al., 2009).

Dentro de estos sistemas están los que se utilizan en el sector empresarial, que son elementos estructurados que sirven para la capacitación, análisis, tratamiento, uso y difusión de la información, de modo que ésta ayude a la correcta toma de decisiones (Goitia, et al., 2008).

En la cadena de suministro, un sistema de información debe contemplar a todos los componentes que intervienen en la cadena, con la finalidad de buscar el beneficio de todos los integrantes en cada uno de los eslabones (Capó-Vicedo, et al., 2007).

En los almacenes, la implementación de tecnologías de la información (TI) como códigos de barras, comunicaciones por radiofrecuencia y sistemas de administración de almacén, proveen oportunidades para mejorar las operaciones dentro de almacenes (Gu, et al., 2007). Por lo anterior las TI juegan un papel importante, ya que a través de estas se lleva a cabo la comunicación y el intercambio de información cliente-proveedor sirviendo no solo como soporte de negocio, sino como ventaja competitiva al buscar una mayor eficiencia (Correa, et al., 2011).

2.1.4.1 Funciones de un sistema de información

Díaz, et al. (2009) en su trabajo “Características de los sistemas de información que permiten la gestión oportuna de la información y el conocimiento institucional” describe cuatro funciones de los sistemas de información, las cuales se muestran a continuación:

- **Recolección:** Se refiere a la captura de información para que pueda utilizarse con posterioridad. El problema principal radica en la creación de un soporte físico adecuado y la elección de un código eficiente para su representación.
- **Almacenamiento:** Es la agrupación de la información recolectada en lugares y momentos diferentes.

- Tratamiento de la información: en él se pueden distinguir tres operaciones fundamentales: de ordenamiento, de cálculo aritmético-lógico y de transferencia de información. Una vez transformada la información, ella debe cumplir con una serie de requisitos de los cuales los más relevantes son: claridad, precisión, ser oportuna, directamente utilizable, coordinada, completa, jerarquizada y necesaria.
- Difusión: Consiste en dar respuesta a tres preguntas fundamentales ¿Cómo? ¿Cuándo? ¿Dónde?

Como se ha mencionado anteriormente, los sistemas de información suelen hacer uso de tecnologías de la información (TI) para mantener contacto con los eslabones de la cadena de suministro, es importante distinguir que la capacidad de la organización para hacer uso de las TI será la clave para obtener ventajas competitivas y generar los resultados esperados (González-Gallego, et al., 2010). Cuando se desea implantar algún sistema de información en la organización, es necesario considerar el impacto que éste tendrá y asegurarse que responderá a los fines estratégicos ya que en muy pocas ocasiones se trata de asuntos puramente técnicos (Calvo, et al., 2007).

2.2 Almacén e inventario

La sección 2.2 proporciona las bases teóricas para comprender la importancia de los almacenes y los inventarios en la cadena de suministro, si bien desde el punto de vista de la manufactura esbelta se busca reducir al máximo los inventarios, el uso de almacenes es algo común en organizaciones con gran variedad de productos. A continuación se presentan los procesos en los que se distribuyen las operaciones en los almacenes.

2.2.1 Almacén

Un almacén es un espacio asignado para el resguardo de bienes por un período de tiempo, sirviendo de esta manera como un punto de transbordo para la recepción y el envío de bienes (Blomqvist, 2010). Pese a que su nombre indica que se utiliza para guardar bienes, su principal función consiste en agilizar el flujo

de bienes y maximizar el uso de recursos (Tompkins, 2003) (García-Sabater, 2004).

En la actualidad los almacenes se enfrentan a retos como la reducción en los tiempos de entrega, suministrar pedidos que incluyen una gran variedad de productos (Gong et al., 2011). Nuevos intereses de calidad han forzado a examinar las operaciones con vistas a minimizar el daño al producto, las operaciones dentro del almacén, estas últimas se han visto afectadas de manera significativa por el mercado; ya que por un lado se demanda mayor productividad y por el otro los rápidos cambios han impuesto riesgos financieros al momento de invertir en equipo para el almacén, mismo que podría ser difícil de reconfigurar e incluso obsoleto en caso de introducir nuevos productos. En sistemas de manufactura a gran escala, las operaciones de almacén son una parte importante de las operaciones de MM, por lo tanto una buena administración del almacén reduce los costos e incrementa la productividad de toda la organización (Yang y Feng, 2006).

2.2.1.1 Diferencia entre almacén y bodega

A pesar de que en la práctica los términos almacén y bodega se usan de manera equivalente, almacén se refiere a al espacio asignado para el resguardo de bienes, mismos que puede ser materia prima, equipo, trabajo en proceso, papelería, etc. mientras que bodega se utiliza exclusivamente para productos que cumple con todos los requerimientos para salir a la venta (Tompkins, et al., 2003). Sin embargo en el presente trabajo se ha decidido que ya que tanto bodega como almacén se utilizan para resguardar bienes, se utilizará el término almacén de manera equivalente.

2.2.1.2 Clasificación de los almacenes

Dolgui y Proth (2010) proponen la siguiente taxonomía para los almacenes partiendo de los servicios que proporcionan al cliente.

- Almacén Proveedores a Minoristas (RSW): Recibe productos provenientes de empresas de manufactura localizadas en el mismo país o de

proveedores extranjeros, su función es proporcionar productos a tiendas minoristas.

- Almacén de Piezas de Repuesto (SPW): Proporciona partes de repuesto, a menudo es asociado con los sistemas de producción en masa. La diferencia con el RSW es que la demanda de piezas es altamente aleatoria y el tiempo para cumplir con la orden es muy corto.
- Venta por Correo (MOS): Los usuarios solicitan y les son enviados los catálogos, la compra se realiza por correo electrónico, teléfono, fax o sitios de internet. Cada orden normalmente requiere pocos artículos, sin embargo la variedad y cantidad de artículos en el almacén es muy grande.
- Almacenes Especiales (SW): Son relativamente raros, los productos que se almacenan por lo regular son costosos, de gran tamaño y pocas veces son requeridos, además la instalación es rentada por largos períodos de tiempo.

	Tipo	RSW	SPW	MOS	SW
Características					
Variedad de productos resguardados		Alta	Alta	Alta	Baja
Volumen de la demanda		Alta	Media	Alta	Baja
Aleatoriedad de la demanda		Media	Alta	Alta	Baja
Velocidad de respuesta		Rápida	Rápida	Media	Media
Tipo de producción asociada		Variable	Producción en masa	Variable	Variable

Tabla 2.3 Resumen de las características de los tipos de almacén (Dolgui y Proth, 2010, p. 421)

En la tabla 2.4 se muestra la clasificación propuesta por Berg y Zijm (1999) en la cual distinguen tres tipos de almacenes: de distribución, producción y de contrato, y clasifica los sistemas de manejo de almacén de acuerdo al equipo y métodos que se utiliza dentro de los almacenes en sistemas de manejo manual, sistemas de almacenamiento automatizado y sistemas de almacenamiento automático.

Clasificación	Descripción
Almacenes de distribución	En estos almacenes los productos provenientes de distintos proveedores son recolectados (y algunas veces ensamblados) para entregarlos a los clientes.
Almacenes de producción	Son usados para el resguardo de materia prima, material en proceso, productos, etc.
Almacenes subcontratados	Son instalaciones que realizan las operaciones de almacenamiento para uno o más clientes.

Tabla 2.4 Tipos de almacenes (Berg y Zijm, 1999, p. 520)

Otra clasificación de los almacenes puede realizarse a partir de la etapa del proceso en que se encuentra la materia prima almacenada (Correa, et al., 2011).

Tipo	Descripción
Materia prima	Busca garantizar un nivel de inventario para garantizar la disponibilidad de materia prima y así permitir la normal operación del proceso de producción.
Materia prima en proceso	Mantiene 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.
Producto	Se utiliza para garantizar un nivel adecuado de inventarios en cumplimiento de la demanda de los clientes.
Almacén auxiliar	Mantiene 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 2.5 Clasificación de los almacenes de acuerdo a la etapa del proceso en que se encuentra la materia prima (Correa, et al., 2011)

2.2.1.3 Procesos dentro un almacén

La principal actividad dentro de un almacén es mantener los bienes durante cierto tiempo (Dolgui y Proth, 2010). Los procesos básicos que se realizan dentro de un almacén son recibir los bienes, asignarles una ubicación en donde esperarán hasta ser requeridos, recuperarlos, y finalmente preparar y suministrar los bienes dichos pedidos (Berg y Zijm, 1999) (Gu, et al., 2007).



Fig. 2.1 Procesos dentro de un almacén (Gu et al., 2006, p. 2)

En la fig. 2.1 se muestran los procesos en que se pueden distribuir las operaciones dentro de los almacenes, con estos procesos se trabajará en el presente caso de estudio, la figura fue obtenida a partir del modelo de evaluación de desempeño propuesto por Gu et al. (2007).

2.2.4.1 Recepción

Durante este proceso, los artículos son inspeccionados y esperan a ser transportados a la siguiente (Rouwenhorst, et al., 2000). El objetivo principal es asegurar que el material cumple con los requisitos que fue solicitado, para ello se coteja la orden de compra con la orden de Recepción para comprobar que se recibe lo que se compró tanto en cantidad como en condiciones físicas (Berg y Zijm, 1999).

2.2.4.2. Ubicación

Una vez que el material ha sido aceptado, es asignado a una ubicación, en la cual permanecerá según las políticas de la organización hasta ser requerido por el cliente. Es la principal función del almacén. Tres decisiones fundamentales conforman esta etapa: cuánto inventario debe ser mantenido, cada que tanto tiempo debe ser remplazado el inventario y dónde deben ser ubicados los artículos (Gu, et al., 2007).

Petersen y Aase (2003) señalan que dentro del proceso de ubicación, se encuentran las políticas para la ubicación de artículos que generalmente se refieren a los criterios que se seguirán para asignar las ubicaciones los artículos en el almacén generalmente se distribuyen en cinco categorías:

- Ubicación aleatoria: Es ampliamente utilizada en los almacenes, debido en gran parte a su simplicidad, a menudo requiere menos espacio que las otras políticas y en una alta utilización de los pasillos y localizaciones.
- Ubicación por demanda: Asigna los artículos con mayor demanda a la ubicación más cercana al punto de recuperación, investigaciones demuestran que al implementar esta política, los tiempos del proceso de recuperación son reducidos de manera considerable.
- Ubicación por clases: Se agrupan los diferentes artículos en una serie de clases, para esta política generalmente se utiliza el principio de Pareto, la reducción de costos en sistemas automatizados de ubicación y recuperación de los artículos que provee esta política de ubicación es similar a la de ubicación por demanda.

2.2.4.3 Recuperación

Es el proceso que representa el costo más elevado (Ene y Öztürk, 2011) (Merkuryev et al., 2009), por lo que no es de extrañar que algunas personas lo consideran como el de mayor prioridad al momento de buscar mejorar el desempeño (Arango, et al., 2010). Este proceso consiste básicamente en adquirir el artículo solicitado por el cliente de su ubicación y llevarlo hasta la salida del almacén, el material abandonará el almacén una vez que se registre la salida y se coteje la requisición con el contenido que se le envía (Berg y Zijm, 1999) (Dallari, et al., 2008).

2.2.4.4 Suministro

Ya que se ha corroborado que lo que se recuperó del almacén es lo que se le envía al cliente, el material abandona el almacén (Rouwenhorst, et al., 2000); a partir de esta etapa es responsabilidad de quien transporta los bienes asegurar que llegue al cliente en las condiciones le fue entregado por el almacén.

Gong y Koster (2011) distribuyen las operaciones que se realizan dentro de un almacén de acuerdo a un enfoque estocástico identificando las fuentes de incertidumbre y concluyen que los modelos estocásticos son una herramienta potencialmente eficiente en el campo de los almacenes y que puede ser explotada

en el futuro. En este trabajo identifican tres procesos con los cuales se asocian las operaciones realizadas en el almacén: procesos de llegada, procesos medulares y procesos de salida.

Proceso	Operación
Llegada	Inspección
	Recepción
Medular	Adquisición, almacenaje, surtir, recuperación, embalaje, clasificación y resguardo
Salida	Inspección
	Envío

Tabla 2.6 Operaciones típicas en un almacén desde un enfoque estocástico

Ene y Öztürk (2011) trabajan sobre la optimización de ubicaciones y el proceso de recuperación en un almacén de la industria automotriz, dividiendo en dos fases el problema: la ubicación se resuelve mediante programación entera y para el problema de las rutas en la recuperación se obtiene un óptimo a partir de programación entera, sin embargo dados los requerimientos de tiempo computacional también se desarrolla un algoritmo genético. Al final se concluye que la principal ventaja de usar el algoritmo genético es que puede ser aplicado a cualquier almacén dentro de la industria automotriz, reduciendo de esta forma los costos en la cadena de suministro.

Por otra parte Dallari et al., (2009) trabajó en el desarrollo de una metodología para auxiliar en la selección de un sistema de recuperación de artículos en los almacenes, dicha metodología se integra a trabajos realizados por Yoon y Sharp en la década de los noventa y también presentan un caso de estudio en donde se aplica dicha metodología. Los resultados indican su aplicación de manera exitosa.

2.2.2 Inventario

Inventario es la reserva de cualquier artículo o recurso usado en la organización. Un sistema de inventario se refiere al conjunto de políticas y controles que monitorea los niveles de inventario y determina que niveles deben ser mantenidos,

cuando las reservas deben ser remplazadas y que tan grandes deben ser las ordenes, en otras palabras cuanto y cuando ordenar (Render, et al., 2011) (Hastings, 2010) (Chase, et al., 2010).

Chase, et al. (2010) señala que, en los sistemas de manufactura, el inventario se refiere por lo general a los artículos que contribuyen o son parte del producto y típicamente es clasificado como inventario de:

- Material
- Productos
- Trabajo en proceso
- Componentes
- Repuestos

En las empresas de servicios, los inventarios hacen referencia a los bienes tangibles a ser vendidos y a los elementos necesarios para proveer el servicio.

El propósito de control de inventarios es asegurar un balance entre el costo de adquisición y el costo por mantener, el desempeño del sistema que se use para controlar el inventario, puede ser medido a través del servicio que se ofrece y el costo total que se genera (Hedenstierna, et al., 2009). Estos sistemas, deben tener en cuenta las características de los artículos, sobre todo cuando se presenta una variabilidad tanto en el tamaño como en la ocurrencia de la demanda (Babiloni, et al., 2010).

2.2.2.1 Clasificación ABC

El primer paso para determinar la situación de un inventario en las organizaciones es uso de la técnica llamada análisis ABC (Wong, 2010). Este método propuesto por H. Ford Dickie en 1951 y se basa en el principio de Pareto descrito más adelante y su criterio de clasificación generalmente es el costo anual que representa un artículo (Parada, 2009) (Ling, 2009); sin embargo también se ha demostrado que pueden usarse otros criterios de clasificación como tiempos de entrega, demanda, utilidad, etc. (Mpwanya, 2005) (Rezaei et al., 2010).

La adaptación del principio de Pareto o ley de los poco vitales y muchos triviales, tiene el siguiente patrón:

- Categoría A: El 20% de los artículos del inventario equivalen al 80% del valor monetario total del inventario.
- Categoría B: El 30% de los artículos del inventario equivalen al 15% del valor monetario total del inventario.
- Categoría C: El 50% de los artículos del inventario equivalen al 5% del valor monetario total del inventario.

2.2.2.2 Método para la clasificación ABC

Parada (2009) sugiere el siguiente procedimiento para llevar a cabo una clasificación ABC del inventario en una organización.

1. Seleccionar la variable o parámetro base en función del objetivo que se persiga.
2. Establecer el rango de clasificación por zonas.
3. Ordenar los productos según los valores de la variable o parámetro base de mayor a menor.
4. Determinar la participación de cada elemento en el valor total, ventas o consumo, y sobre el total del producto.
5. Calcular los porcentajes.
6. Determinar las diferentes zonas.

Otro procedimiento recomendado en el documento “ABC analysis of MRO inventory” publicado en el 2008 por la Life Cycle Engineering (LCE), señala que a través de tres etapas se puede clasificar el inventario de mantenimiento, reparación y operaciones o MRO por sus siglas en inglés, a continuación se describe brevemente cada una de las etapas.

1. Priorización: En esta etapa se asigna un grado de orden a todos los elementos que forman parte del inventario de MRO en base a un criterio previamente establecido.
2. Estratificación: Se realiza un diagrama de Pareto para agrupar en categorías A, B o C a los elementos.
3. Optimización: Si el proceso fuera igual de simple que los dos pasos anteriores, entonces este método tendría un valor limitado; al igual que

otros aspectos críticos dentro de la organización, una clasificación ABC efectiva requiere de un análisis y comparación de resultados, además de que siempre estará sujeta a revisiones continuas.

En ocasiones es necesario ampliar y/o reducir los rangos de las clasificaciones, en ocasiones la clasificación A oscila y toma valores de $80\% \pm 5$ siempre y cuando a criterio de los expertos estos ajustes sean necesarios.

Wong (2010) explica de manera breve los pasos a seguir para realizar una clasificación ABC, indica que:

1. Se determina el uso anual que tiene cada artículo.
2. Multiplicar la cantidad anual utilizada por el costo del artículo para obtener el uso anual en dólares.
3. Sumar el uso anual de todos los artículos para totalizar el gasto anual por inventario.
4. Dividir el uso total en dólares de cada uno de los artículos entre el gasto anual por inventario, de esta manera se obtiene el porcentaje anual de uso
5. Hacer una lista con los porcentajes obtenidos y ordenarlos de mayor a menor.
6. Ubicar cada artículo en su clasificación correspondiente: A, B o C.

Como se puede observar la Life Cycle Engineering se diferencia de Wong (2010) y Parada (2009) al sugerir una revisión continua de la clasificación ABC, aun así el método ABC solo llega hasta la clasificación del inventario, la fase de optimización está más enfocada a la mejora continua y a políticas de la organización.

Algunas de las ventajas de contar con una clasificación del inventario son:

- Detección y corrección oportuna de condiciones que puedan causar errores.
- Reducción en el tiempo para realizar los conteos anuales de inventario.
- Alta precisión en los niveles de inventario.
- Vigilancia permanente del inventario.
- Reducción en los costos por mantener el inventario

2.2.2.3 conteos cíclicos

El conteo cíclico es una herramienta útil para optimizar los niveles de inventario y se refiere a cualquier proceso utilizado para verificar la exactitud de los datos que muestran la cantidad de artículos en inventario, lo anterior mediante el conteo permanente de porciones del inventario total, sin embargo para que tenga los resultados esperados debe convertirse en parte de la cultura organizacional (Gürhan, et al., 2007) (Soto, 2008).

En su publicación del mes de abril de 2012, Thompkins Supply Chain Consortium sostiene que un inventario balanceado, es decir, las discrepancias entre el inventario físico y el registrado en los reportes (Rosetti, et al., 2001) sigue siendo un factor crítico para el buen funcionamiento de los almacenes. Cuando hay problemas de desbalanceo éstos suelen causar incrementos en los costos de operación, reducción del nivel de servicio, pobre servicio al cliente y altos niveles de inventario. Una de las mejores formas de combatir los problemas de inventario desbalanceados son los programas de conteos cíclicos, y las organizaciones generalmente inician con una clasificación ABC de los artículos que forman parte del inventario (Gürhan, et al., 2007).

2.3 Manufactura esbelta y control de calidad

En las últimas décadas la implementación de herramientas de manufactura esbelta y de control de calidad se han vuelto cada vez más común en las organizaciones, todo ello debido a que buscan eliminar los desperdicios y cumplir con las expectativas del cliente, ofreciendo productos y servicios que cumplan con estándares internaciones de calidad, reducción en los tiempos de entrega, reducción de costos, etc.

En la sección 2.3 se hace una recopilación de las herramientas básicas del control de calidad y de las herramientas más comunes utilizadas en la manufactura esbelta, proporcionando al lector, el sustento teórico para comprender cuales son los objetivos y la filosofía tanto de la manufactura esbelta como del control de calidad.

2.3.1 Manufactura esbelta

La manufactura esbelta (ME) es un conjunto integrado de actividades diseñadas para lograr la producción utilizando inventarios mínimos de materia prima, trabajo en proceso y bienes terminados. Las piezas llegan a la siguiente estación “justo a tiempo”, se terminan y se mueven por todo el proceso con rapidez (Chase, et al., 2009).

Esta metodología puede ayudar a las organizaciones a lograr eliminar desperdicios, reducción en los tiempos de respuesta, flexibilidad en los procesos, etc. (Niño & Bednarek, 2010).

Rameez, et al. (2010) indican que la ME basa en la aplicación de cinco principios para guiar la acción de manera exitosa, estos principios son:

- Valor: Es definido por el cliente, identificar que es de valor para el cliente, significa que se entienden todas las actividades requeridas para producir algo en específico, y entonces optimizar el proceso desde la perspectiva del cliente.
- Mejora Continua: La transición hacia un ambiente de ME no ocurre de la noche a la mañana. Este principio se refiere a la mejora en los productos, procesos o servicios a través del tiempo, con el objetivo de reducir los desperdicios para lograr un aumento en la funcionalidad de lugar de trabajo, servicio al cliente, o el rendimiento del producto.
- Enfoque al cliente: La ME piensa más en el cliente que en su maquinaria, mano de obra y gastos.
- Perfección: Significa que hay un sinnúmero de oportunidades para mejorar la utilización de todo tipo de activos. La eliminación sistemática de los residuos se reducen los costos de operación de una empresa y cumplir con el deseo del cliente para el máximo valor al menor precio.
- Enfoque en los desperdicios: El objetivo principal es la eliminación de todas las áreas de los desperdicios mediante la producción de calidad de la manera más eficiente y económica.

Fujio Cho, ex presidente de Toyota, define desperdicio como “cualquier cosa que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, horas de trabajo absolutamente esencial para la producción” (Chase, et al., 2010); otra definición de desperdicio es la utilizada por Rameez et al. (2010) en la cual señala que son todas aquellas actividades que no agregan valor al producto y/o servicio pero que generan costos y los clasifica de la siguiente manera:

- Sobreproducción.
- Tiempo de espera.
- Transporte.
- Inventario.
- Procesamiento.
- Movimiento.
- Defectos en los productos.

El objetivo principal de la ME es incrementar la eficiencia y reducir los costos mediante la eliminación de desperdicios mediante el involucramiento de todo el personal de la organización (Niño, et al., 2010) ya que no es posible implementar ME de la noche a la mañana, refiriéndose con esto a que la eliminación de los desperdicios se da de manera paulatina. Una ventajas de la ME es su simplicidad, ya que usa el sentido común y trabajo en equipo para la reducción de desperdicios (Reyes, 2002) (Rameez et al., 2010).

2.3.1.2 Herramientas de manufactura esbelta

Dentro de la manufactura esbelta se cuenta con varias herramientas que contribuirán de una manera u otra a la mejora continua en las organizaciones, en los párrafos siguientes se describen las de mayor implementación en las organizaciones.

2.3.1.3 Value stream mapping (VSM)

El mapa del flujo de valor (VSM) es una herramienta que sirve de ayuda para visualizar dentro de la organización los flujos de material e información, la finalidad es identificar aquellas actividades que no agregan valor al producto o servicio que

se proporciona al cliente (Abdullah, 2003). Al mapear el flujo de material e información permite visualizar las operaciones como un todo, y no de manera aislada, relacionar las operaciones con el control de las mismas, identificar áreas en donde se presentan desperdicios, cuellos de botellas, etc. (Tinoco, 2004).

Ya que se ha realizado un mapa de la situación actual del proceso, se realiza un mapa del estado futuro del proceso, es decir, como se visualiza la organización en el futuro y que desperdicios desea reducir e incluso eliminar. Una vez elaborados los mapas actual y futuro de los procesos, se procede a trabajar en la estrategia que además de incluir a toda la organización y servirá para alcanzar los objetivos planteados.

Corner (2001) señalan cuatro pasos para realizar un VSM:

1. Desarrollo del producto: La organización debe identificar los requerimientos del cliente, demanda diaria, métodos de transporte, etc.
2. Diseño de procesos: Toda la información para cada proceso del flujo de valor incluidos tiempo de ciclo, número de operadores, inventario en proceso, etc.
3. Preparación: Registrar tanta información como sea posible y dibujar el mapa del estado actual.
4. Planeación: Desarrollar el estado futuro del mapa.

Lian (2007) por otra parte, describe las siguientes etapas para la implementación de VSM:

1. Elegir la familia de productos que serán analizados a lo largo del ciclo de producción.
2. Mapeo del estado actual: Consiste en seguir a contracorriente el estado actual del flujo de producción desde el cliente hasta el proveedor, teniendo de esta manera una vista de los puntos en los cuales la información o los materiales se detienen, que origina despilfarro, retrasos en las entregas, etc.
3. Mapear el estado futuro: Es el estado al que se quiere llegar, en el cual los materiales y al información deberá fluir sin obstrucciones y evitando desperdicios.

4. Definición e implementación de un plan de trabajo con las actividades necesarias para alcanzar los objetivos.

Como se puede observar, ambos autores coinciden en que el desarrollo del VSM parte conociendo la situación actual y visualizar lo deseado, para después en base a la información que se obtiene a partir de estudiar el proceso y comunicarse con el cliente, planear las acciones que llevarán a la organización a lograr los objetivos propuestos.

2.3.1.4 5's

Son un conjunto de herramientas usadas para mejorar las practicas dentro de los lugares de trabajo y facilitar el control visual (Wilson, 2010), estas herramientas sirven para organizar y estandarizar el lugar de trabajo; son una de las herramientas más simples de llevar a cabo y se pueden aplicar a cualquier puesto dentro de una organización (Kilpatrick, 2003).

2.3.1.5 Kanban

Kanban es una palabra japonesa que significa tarjeta; estos sistemas fueron introducidos por Toyota para reducir el exceso de inventario en proceso mediante el uso de del lotes de producción cuyo tamaño se determina a partir de la demanda y requerimientos de remplazo de los almacenes temporales de procesos previos (Nicholas, 1998) (Nahmias, 2009).

Esta técnica se usa para controlar el tamaño de los inventarios, minimizar la sobreproducción y facilitar el flujo mediante el remplazo de material provocando que el sistema de producción sea más sensible a la demanda del cliente y con tiempos de entrega cortos debido a que la señal proviene directamente del cliente (Wilson, 2010). Para que un sistema kanban funciones deben de seguirse rigurosamente 6 reglas:

1. Los últimos procesos toman la cantidad de artículos en el kanban pro el proceso previo.
2. El proceso previo produce los artículos solo en las cantidades y en la secuencia especificada en el kanban.

3. No se producen o transportan artículos que no estén indicados en el kanban.
4. A todos los artículos se les adjunta un kanban.
5. Los productos defectuosos no se envían a la siguiente estación, como resultado siempre se tiene 0% de productos defectuosos.
6. Reduciendo el número de kanban, se incrementa la sensibilidad del proceso.

2.3.1.6 Kaizen

Wilson (2010) lo define como un proceso de mejora continua que se da de paulatinamente y difícil de medir, pero que a través del tiempo el efecto acumulado puede llegar a ser significativo.

Lo anterior ha sido representado por Nicholas (1998) como la curva de mejora, la cual describe que con paso del tiempo la realización de una actividad mejorará a través de la acumulación de pequeños avances.

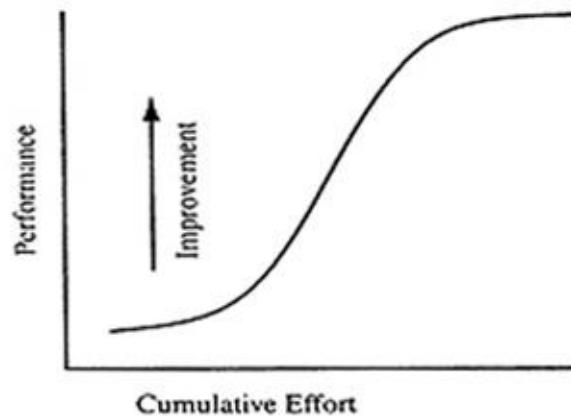


Fig. 2.2 Curva de mejora (citada en Nicholas, 2010, pág. 36)

Al inicio el progreso es lento, por lo que la curva de mejora es casi plana, a medida que la actividad que se realiza se entiende mejor por la persona, el aprendizaje se acelera de manera que la curva crece a una tasa acelerada.

2.3.1.7 Justo a tiempo

El justo a tiempo (JIT) es un concepto que apunta a eliminar los desperdicios produciendo en el lugar y tiempo correctos (Abdullah, 2003) y asociado principalmente al material en proceso, productos defectuosos o a la mala programación de entregas (Nahmias, 2009).

En los sistemas esbeltos al igual que en los sistemas de producción tradicional, La demanda del cliente es quien determina el flujo que tendrán los materiales, la diferencia está en la manera en que cada sistema de producción maneja la demanda. El JIT permite a la organización adaptarse a cambios repentinos en los patrones de la demanda produciendo solo lo necesario (Monden, 1998 citado en Abdullah, 2003, p. 13).

2.3.1.8 Mantenimiento productivo total

Con la finalidad de aumentar la capacidad de una organización sin invertir en capital y para evitar paros no planeados en los equipos, se recomienda implementar un programa de mantenimiento productivo total (TPM), el cual incrementa la eficiencia al igual que la vida útil del equipo (Tinoco, 2004).

Wilson (2010) asegura que el TPM es un enfoque para administrar los equipos y consiste en una serie de actividades diseñadas para evitar paros, minimizar pérdidas de producción debidas a los ajustes realizados a equipos, etc. Aun así, el TPM es una herramienta útil para la mejora continua dentro de una organización y que se generalmente se basa en 5 pilares:

1. Mejora en las actividades
2. Mantenimiento autónomo: Se refiere a un conjunto de actividades que son realizadas por los operadores en lugar de personal de mantenimiento.
3. Un plan de mantenimiento: Este se elabora a partir del historial de fallas en el equipo.
4. Entrenamiento a operadores y personal: Se realiza con la intención de mejorar las operaciones y las actividades de mantenimiento.
5. Un sistema de mantenimiento temprano a los equipos para evitar pérdidas de producción debido a la llegada de nuevos equipo.

2.3.1.9 SMED

Uno de los componentes claves del sistema de producción Toyota (TPS) fue el concepto de intercambio de herramientas en un solo minuto (SMED). El componente más significativo del costo de preparación de una máquina es el tiempo que se requiere para preparar dicha máquina cuando hay un cambio de producto. Esto requiere cambios de herramientas o moldes, por lo que SMED se refiere al cambio de herramienta/molde en un solo minuto (Nahmias, 2009).

Hay dos maneras de afrontar el cambio de herramientas, la primera es detener la línea de producción completa cuando se realizara algún cambio de herramienta en una máquina, causando de esta manera pérdidas de producción. De manera alternativa se pueden asignar almacenes temporales entre las máquinas de manera que se siga produciendo mientras se realiza el cambio de herramienta (Wilson, 2010).

Estos puntos de vista convencionales tienen como consecuencia largas corridas de producción y niveles de inventario elevados antes y después de que se realiza el cambio de herramienta, de ahí la importancia de SMED en los sistemas de producción.

2.3.1.10 Manufactura celular

Este tipo de manufactura permite incrementar la mezcla de productos con un desperdicio mínimo. Una célula consiste en estaciones de trabajo y equipo arregladas de manera que puedan mantener un flujo ligero de materiales y componentes a través del proceso (Abdullah, 2003); este tipo de estaciones de trabajo a menudo están en forma de U o de S, de modo que el proceso de producción empieza en un extremo y termina en el otro (Brown, et al., 2007).

Una de las ventajas de la manufactura celular es el concepto de flujo de una pieza, el cual establece que los productos se mueven en una unidad a la vez a lo largo del proceso, sin interrupciones y a un ritmo establecido por las necesidades del cliente (Abdullah, 2003).

2.3.2 Control de calidad

Besterfield (2009) menciona que la norma ISO 9000 define a la calidad como el grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos. Sin embargo para efectos del presente trabajo, se usará la propuesta por Hoyle (2009) la define como el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio le confieren la capacidad de satisfacer necesidades, esta última definición será la que se tome para efectos del presente trabajo.

3.2.2 Herramientas para el control de calidad

Para asegurar la calidad se hace uso de herramientas y técnicas orientadas a mantener los procesos bajo control y eliminar las causas de las no conformidades del cliente, este conjunto de técnicas y actividades forman lo que se conoce como control de calidad (Malevski & Rozotto, 1995).

En la siguiente tabla 2.7 obtenida de Gutiérrez (2004), se proporciona una descripción breve de las algunas herramientas básicas utilizadas para el control de calidad.

Guáqueta & Mach (2001) muestran las implicaciones que tienen las 7QCT (7 Quality Control Tools) y la manera en que estas han contribuido al éxito en la estrategia de Six Sigma, estos autores mencionan que la fácil aplicación de las 7QCT permiten a cualquiera entender, aprender, administrar y tomar ventaja de las mejoras que estas representan, además muestra las tres principales metas de las 7QCT:

- Mejorar la comunicación entre los trabajadores y la administración.
- Detección de problemas y disminución de las incidencias.
- Mejorar los procesos

Además de lo anterior se indica que el uso de histogramas, diagrama de Pareto, gráfico de control y gráfico de dispersión se recomienda cuando la cantidad de datos que se desea analizar es demasiado grande o se ha llevado a cabo una prueba de normalidad, haciendo especial énfasis en la producción en masa. Se

concluye indicando que las 7QCT contribuyen a la visualización y análisis que la estrategia de six sigma requiere para mejorar los procesos.

Una de las herramientas que merece especial atención es el grafico de control, en torno a este se pueden encontrar en la literatura numerosas aplicaciones que van desde el sector automotriz hasta el sector salud, metalúrgico, tiendas de autoservicio, etc. (Benneyan et al., 2003) (Heimann, 2009) (Sulek et al., 2006).

Esta herramienta, que es la base del control estadístico de procesos (SPC) fue desarrollado en la década de 1920 por Walter Shewhart, a pesar de que Shewhart solo limitó su aplicación a procesos de manufactura, Deming rápidamente observó que podría ser aplicable a cualquier proceso (Benneyan, 2003).

Herramienta	Descripción	Cuando usarlo
Diagrama de flujo	Es la representación gráfica de una secuencia de acciones rutinarias, etapas o pasos de un proceso, la secuencia lógica en que se realizan, y la interacción o relación de quienes las llevan a cabo	Se recomienda su elaboración cuando la oferta de productos y servicios es alta, de esta manera se mostrarán las etapas por las que pasa antes de ser recibido por cliente, esto facilita visualizar el proceso de manera completa, identificar posibles puntos de dificultad y ubicar las etapas de control
Diagrama causa-efecto	Es un método gráfico que relaciona un problema con los factores o causas que posiblemente lo generan. Su importancia radica en que obliga a contemplar todas las causas que pueden afectar el problema bajo análisis y de esta forma se evita el error de buscar soluciones sin cuestionar a fondo cuales son las verdaderas causas	Cuando se desea identificar las causas de un problema (efecto) determinado
Diagrama de Pareto	Este principio, también conocido como "Ley 80-20" se puede aplicar a una gran cantidad de problemas: calidad, energía, eficiencia, etc. Wilfredo Pareto (1848-1923) llevó a cabo estudios sobre la distribución de la riqueza en Europa. Descubrió que unos cuantos concentraban la mayor parte de la riqueza, en tanto que era muy grande el número de pobres que poseían muy poco. Esta desigual distribución se convirtió en parte fundamental de la teoría económica	Cuando se desea priorizar elementos
Gráfico de control	En este tipo de gráfico se propuso por primera vez en los laboratorios Bell en 1924 por W. A. Shewhart. En el eje horizontal X se indica el tiempo, mientras que el eje vertical Y se representa algún indicador de la variable cuya calidad se mide. La línea central del gráfico representa el promedio del estadístico que se gráfica, además se incluyen otras dos líneas horizontales: los límites superior e inferior de control	Cuando se quiere observar y analizar gráficamente el comportamiento de un proceso, con el propósito de distinguir entre las variaciones debidas a causas comunes de las ocasionadas por causas especiales
Diagrama de dispersión	Es una gráfica de tipo X-Y cuyo objetivo es analizar la forma en que dos variables numéricas están relacionadas.	Cuando se desea conocer gráficamente la correlación entre varias variables.
Hoja de verificación	Es una hoja cuyo objetivo es asegurar que los datos reúnan con cuidado y fidelidad por parte de personal para el control de procesos y la solución de problemas. Esta forma puede consistir de una tabla o gráfica, donde se registre, analice y presente resultados de una manera sencilla y directa	Cuando se desea asegurar que se lleve a cabo una verificación o una prueba.
Diagrama de corrida	Es una representación gráfica de los datos que se recolectan en un proceso a través del tiempo, a diferencia del gráfico de control este diagrama no muestra límites de control.	Cuando solo se desea conocer la variación del proceso.

Tabla 2.7 las 7 herramientas propuestas por Ishikawa para el control de la calidad

Plsek (1999) muestra un conjunto de sugerencias que podrían contribuir para mejorar la calidad de los procesos clínicos, en el muestran numerosos ejemplos de las lecciones aprendidas luego de la implementación de alguna de las 7QCT. En este trabajo se puede apreciar que el autor divide las herramientas de calidad en 4 grupos: descripción de procesos, recolección de datos, análisis de datos y trabajo colaborativo. En la tabla 2.8 se presenta un resumen de la propuesta del autor.

Uso	Herramientas
Descripción de procesos	- Diagrama de flujo
	- Diagrama causa-efecto
Recolección de datos	- Hoja de verificación
	- Entrevista
	- Encuesta
Análisis de datos	- Histograma
	- Diagrama de dispersión
	- Pruebas de hipótesis, bondad de ajuste
	- Gráfico de control
Trabajo colaborativo	- Lluvia de ideas
	- Métodos de solución de conflictos
	- Técnica de grupo nominal

Tabla 2.8 Clasificación de las herramientas de calidad de acuerdo a su uso

La conclusión que se presenta es que a partir de cuatro hábitos, las organizaciones de salud pueden mejorar significativamente sus procesos, estos son:

1. El hábito de ver las prácticas clínicas como un proceso.
2. Prácticas médicas con base en evidencias.
3. Aprendizaje colaborativo.
4. Disposición al cambio.

Un estudio con implicaciones estadísticas más fuertes relacionados con el control de calidad, es el que presenta Heimann (2010) en *“Better quality control: stochastic approaches to optimize properties and performance of plasma-sprayed*

coatings”, en este trabajo se puede apreciar una aplicación más profunda de los gráficos de control. En dicho trabajo se abordan los problemas de calidad a los que se tienen que enfrentar los procesos de recubrimiento elaborados a partir de la pulverización de plasma. A lo largo del documento se pueden apreciar los diferentes métodos que se pueden utilizar para asegurar que los parámetros de interés se encuentren bajo control, dichos métodos van desde el SPC con un enfoque multivariado hasta lógica difusa.

En Ren et al. (2011) se puede apreciar una aplicación interesante de las 7 QCT y las 7NQCT al proceso de mejora de software, en la publicación, los autores identifican tres etapas en las que se pueden distribuir las actividades para el control de calidad en lo referente a la elaboración de software (ver tabla 2.10). en el mismo trabajo se presenta una descripción de las 7QCT indicando cuando es conveniente usar cada una de ellas, los autores concluyen que el control y administración de la calidad en la industria del software son pilares fundamentales para asegurar el éxito de las organizaciones dedicadas a este negocio, la implementación efectiva del control de calidad puede ayudar a resolver retrasos en los tiempos de entrega, , la mejora del proceso de desarrollo de software y la satisfacción del cliente pueden verse beneficiados.

Desde su publicación en 1960 las 7QCT han sido objeto de numerosas aplicaciones, sin embargo en la década de 1980 la unión japonesa de científicos e ingenieros publicó siete herramientas, las cuales a menudo son llamadas como las 7 nuevas herramientas del control de calidad las cuales sumadas a las 7QCT suman 14 herramientas para el control de la calidad.

Herramienta	Descripción	Usar cuando
Diagrama de afinidad	Es una herramienta grafica similar a la lluvia de ideas, se usa para agrupar hechos, opiniones, expresiones, etc. está basado en el principio de afinidad de datos verbales reuniéndolos bajo unas pocas ideas generales.	<ul style="list-style-type: none"> - El problema es complejo a difícil de entender. - Parece estar desorganizado.
Diagrama de relación	Herramienta de causa-efecto para el análisis grafico utilizada durante la fase de planeación. Indica que causas se relacionan con ciertos efectos y la relación que guardan estos conjuntos entre sí, permite obtener una visión conjunta de la complejidad del problema.	<ul style="list-style-type: none"> - Se desea comprender y aclarar las interrelaciones entre los elementos de un problema complejo
Diagrama de árbol	Se usa de una manera descendente. Se representa mediante un tronco (meta) el cual tiene diferentes niveles de acción (ramas). Se logra mediante una organización sistemática de metas y los medios requeridos para alcanzarlas.	<ul style="list-style-type: none"> - Se desea presentar un conjunto organizado de medidas, a partir de las cuales se pretende lograr un objetivo.
Matriz de análisis de datos	Es la única de las 7 nuevas herramientas para el análisis numérico de datos. Sirve para cuantificar el grado de relación entre los factores de estudio. Sus resultados se presentan en una matriz triangular o rectangular. La cuantificación de las relaciones puede ser determinada a partir tanto de criterios cualitativos como cuantitativos.	<ul style="list-style-type: none"> - Los datos son obtenidos a partir de entrevistas, encuestas o cuestionarios a partir de los cuales es posible estimar el grado de sensibilidad promedio para un conjunto determinado.
Gráfico de programación de decisiones	Es una herramienta de planeación usada para evaluar o valorar procesos. Muestra la secuencia de acciones y decisiones necesarias para alcanzar un objetivo o para la prevención de eventos no deseados.	<ul style="list-style-type: none"> - Se desea conocer los eventos que podrían surgir durante la realización de un proyecto y tener alternativas sobre como actuar ante estos.
Diagrama de procesos (de flecha)	Herramienta de planeación y comunicación utilizada para mostrar el tiempo de planeación más adecuado para una actividad determinada y facilitar su control.	<ul style="list-style-type: none"> - Se desea más detalle en la secuenciación y duración de las actividades.
Diagrama matricial	Es una herramienta tabular que ayuda a identificar relaciones entre dos o más conjuntos,	<ul style="list-style-type: none"> - Es un recurso aplicable en la planeación y secuenciación, también se puede usar en la prevención de fallas.

Tabla 2.9 Las 7 nuevas herramientas para el control de la calidad

En la tabla 2.9 se muestra un resumen de las 7 nuevas herramientas extraídas de He et al. (1996), estas herramientas tienen un enfoque más administrativo y se basan en la prevención y no en la corrección como lo hacen las 7QCT, se puede apreciar que el autor presenta una tabla en la cual muestra las etapas del proceso de mejorar de software y las herramientas que pueden aplicarse en cada una de estas.

Etapa	Descripción
I	Se refiere al control de calidad antes de que se implemente el proyecto.
II	Actividades de control de calidad durante la implementación del proyecto.
II	Actividades de control de calidad una vez que el proyecto ha finalizado

Tabla 2.10 *Etapas del proceso de mejora de software*

Debido a que el presente caso de estudio, se limita a los procesos de recepción y ubicación de materiales, no se profundiza en publicaciones relacionadas con software, sector salud, etc. sin embargo a criterio del autor se incluyeron estos ejemplos para mostrar el alcance que tienen las herramientas de calidad.

3. METODOLOGÍA

En este capítulo, se presenta una descripción de las herramientas y técnicas que se aplicarán para lograr los objetivos planteados en el primer capítulo. Para obtener la información se revisarán reportes, hojas de trabajo, etc. se obtendrán las causas de los problemas, describirán las operaciones en cada proceso así como los estándares de trabajo que se manejan en el almacén; todo lo anterior a partir de la aplicación de algunas de las herramientas mencionadas en el capítulo 2.



Fig. 3.1 Metodología propuesta para la solución del problema

En este capítulo, se presenta una descripción de las herramientas y técnicas que se aplicarán para lograr los objetivos planteados en el primer capítulo. Para obtener la información se revisarán reportes, hojas de trabajo, etc. se obtendrán las causas de los problemas, describirán las operaciones en cada proceso así como los estándares de trabajo que se manejan en el almacén; todo lo anterior a partir de la aplicación de algunas de las herramientas mencionadas en el capítulo 2.

3.1 Descripción de las actividades en cada proceso

Para identificar las causas de problema es necesario conocer todas las actividades que se realizan en los procesos dentro del almacén y que están relacionadas con el manejo del material, para ello el primer paso es realizar una descripción detallada de las operaciones, rutas y ubicaciones en las que se puede encontrar el material.

- a. Descripción de las actividades en cada proceso: Antes de tomar cualquier acción siempre es necesario comprender a fondo como funciona un proceso, identificar aquellas actividades que se realizan para asegurar que el cliente recibirá el producto. Para el presente caso de estudio, se obtendrá una explicación detallada de actividades a partir de los manuales de procedimientos y entrevistas con los empleados. Posteriormente se procederá a la elaboración de una tabla en la cual se proporcionará una descripción de las actividades que pueden ser controladas por el almacén.
- b. Diagrama de actividades para el montacargas 1 y 2: El detallar las actividades de cada montacargas tiene un papel fundamental, ya que estos son encargados de suministrar el material que se recibe y se traspalea. Se revisaran los recorridos que este realiza durante la recepción, ubicación y suministro de material dentro del almacén.
- c. Ubicaciones del material: Saber las ubicaciones de cada material es de gran relevancia al momento de recuperar y suministrar los números de parte que se reciben en el almacén, se obtendrá un plano con las ubicaciones así como la capacidad de cada una de estas.

3.2 Flujo de material y desplazamientos

A partir de la elaboración de diagramas, las actividades que se realizan dentro del almacén se agruparán en 4 procesos: Recepción, ubicación, recuperación y suministros. También se llevará a cabo una revisión de las herramientas de manufactura esbelta que se utilizan para administrar el flujo de material en el almacén así como la manera en que se hace frente a los desperdicios.

- a. Arreglo físico de las instalaciones: Este servirá para conocer como están distribuidas físicamente las áreas de trabajo, ubicaciones; a partir de este punto se construirá un diagrama en el cual se mostrarán los recorridos a lo largo del almacén.
- b. Diagrama de recorrido: En este se presentarán con líneas de diferente color los desplazamientos de los montacargas así como el de la persona que se encarga de traspalear tubos, mostrara las ubicaciones del material así como las respectivas áreas de trabajo en las cuales se distribuyen los empleados.

3.3 Obtener las causas del problema

Ya que se cuenta con información gráfica en la cual se muestran las actividades de cada proceso y se conoce la trayectoria del flujo del material, se procede a obtener información sobre los paros en la línea de producción.

- a. Revisión de informes: Estos se obtendrán de actas, reportes, informes y correos electrónicos que contengan información relacionada con los paros de línea, con ello se conocerán las causas precisas de los paros en la línea de producción del cliente y se delimitará el turno en el cual se trabajará para solucionar el problema.
- b. Clasificación de las causas: Para clasificar las causas se construirán diagramas en los cuales se plasmará la información obtenidas del punto anterior. Se determinaran las ubicaciones en que se encuentra el material que ha causado.

3.4 Análisis de estándares de trabajo

Se realiza una comparación entre los estándares esperados y observados, se calcularán intervalos de confianza así como el tiempo de ciclo y el tiempo de ritmo.

- a. Indicadores de desempeño utilizados en la organización: Se elaborará una tabla en la cual se muestren los indicadores a partir de los cuales se evalúa el

- desempeño de cada trabajador. Esta tabla se procederá de la información recabada en entrevistas con los supervisores y la administración del almacén.
- b. Estándar de trabajo: La organización cuenta con estándares de trabajo a partir de los cuales evalúa el desempeño de algunos de sus trabajadores, para determinar la efectividad de los estándares actuales, la intención es realizar un comparativo entre el desempeño real y el esperado.
 - c. Intervalos de confianza: Para el presente caso interesa saber “cuantas veces cumple el trabajador con el estándar”. los datos se proporcionará un estimador para el parámetro de interés. En este punto consiste en realizar un muestreo aleatorio por proporciones, considerando que P es el número de veces que los trabajadores cumplen con el estándar de trabajo y con un nivel de confianza de 95% y un error de 3%, una vez que se obtengan
 - d. Tiempo de ciclo (TC): El TC permitirá para conocer cual es tiempo real que le lleva al trabajador traspalear el material a una caja azul, a partir de esto se realizara una comparación con el TC que se utiliza para asignar la cantidad de cajas azules que debe traspalear un trabajador durante su jornada de trabajo.
 - e. Tiempo de ritmo (TT): Este se obtendrá dividiendo la cantidad de cajas azules que son recuperadas del almacén por el cliente, esto va proporcionar el ritmo al cual debe trabajar cada empleado para asegurar el suministro de material al cliente.

3.5 Métodos para el control de inventario

En este punto se revisan los métodos que utiliza el almacén para administrar y controlar el inventario el uso de sistemas de información, pronósticos, conteos cíclicos, clasificación del inventario, etc.

- a. Formatos de control: Estos formatos son utilizados para lleva el control del material que se traspalea, que se recupera y del que abandona el almacén, contar con estos formatos es de suma importancia ya que a través de estos se

- le puede dar seguimiento al material que se traspalea, también sirven para conocer la hora de inicio y termino del proceso de recuperación del material.
- b. Niveles de inventarios: Se pretende saber mediante que técnicas se determinan los niveles de inventario en el almacén, en este apartado solo se harán entrevistas a los supervisores y al personal encargado de llevar a cabo los conteos cíclicos en el almacén.
 - c. Software: Es de gran relevancia para llevar un control más detallado de todas existencias en el almacén, la intención de incluir este punto es conocer a fondo como se utilizan los sistemas para alcanzar los objetivos de la organización y que permisos tiene cada usuario.
 - d. Conteos cíclicos: Como se mencionó, estos se utilizan para llevar un control del inventario, en este punto solo se va revisar la manera en que se llevan a cabo con la intención si se sigue alguna metodología sugerida en la literatura o si los conteos se hacen de acuerdo a criterios propios de la organización.

4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En esta sección son presentados los resultados de la aplicación de la metodología, se aplicaron herramientas de control de calidad como el histograma y el diagrama causa efecto, también se elaboraron diagramas de flujo y de trabajo en los cuales se dan a conocer las actividades que se realizan en la organización, se presentan estimaciones de los intervalos de confianza para la media poblacional, los tiempos de cada actividad así como los resultados de las pruebas de bondad de ajuste y los métodos para el control de inventario que se utilizan en la organización.

4.1 Descripción de las actividades en cada proceso

Tanto en Recepción como en ubicación, se realizan varias actividades para asegurar que el cliente tendrá su material en el lugar y el momento que sea requerido, cabe mencionar que los procesos de recuperación y de embarque son totalmente controlados por el cliente, tal como se muestra en la fig. 4.1.

En la tabla 4.1 se proporciona una descripción de cada actividad, además se observa la presencia del área “captura”, la cual actúa como punto de enlace entre el almacén y el cliente, su función es entre otras cosas, atender lo más pronto posible los pedidos de material que realice el cliente, ajustar el inventario al final de cada turno, verificar los niveles de inventario, etc.

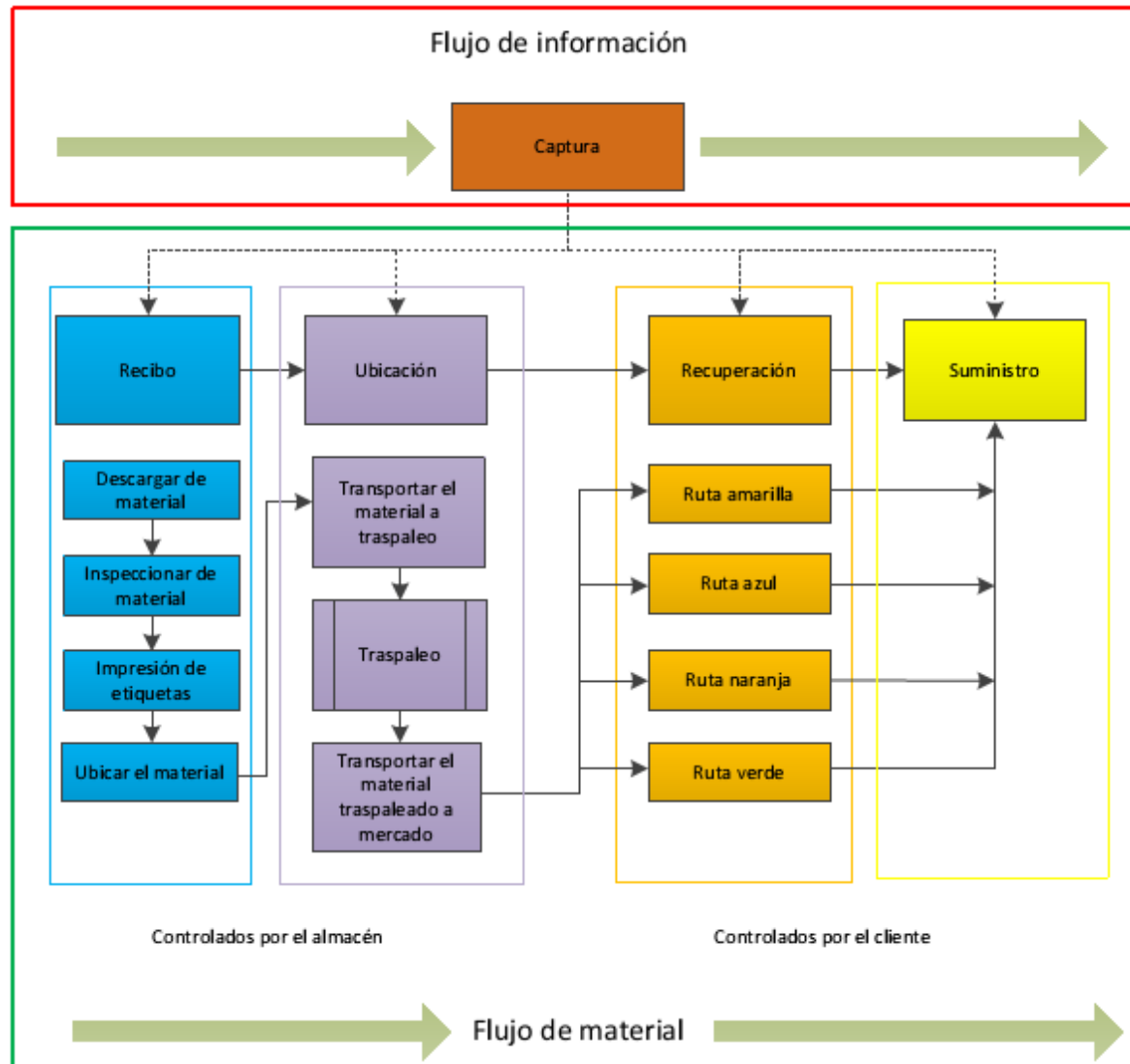


Fig. 4.1 Actividades que conforman los procesos dentro del almacén

Recepción	Descarga de material	El material enviado por el proveedor mediante un montacargas, es descargado por el personal del almacén.
	Inspección	Esta operación consiste en asegurarse que el material se recibe en las cantidades y condiciones por las que pagó el cliente.
	Impresión de etiquetas	Una vez que el material ha sido inspeccionado, se imprimen las etiquetas en las que se le asigna una ubicación.
	Ubicación	El material es transportado utilizando un montacargas desde el área de Recepción hasta la ubicación que le ha sido asignada y en la cual permanecerá hasta ser requerido por el cliente o que se envíe al área de traspaleo.
Almacenamiento	Transporte de material ubicado al área de traspaleo	Cuando la persona asignada al montacargas 2 revisa los niveles de inventario en mercado, el material que se encuentra en niveles bajos es transportado de la ubicación que se le asignó cuando fue Recepción a traspaleo.
	Traspaleo de material	Esta actividad consiste en mover el material de los contenedores en que fueron recibidos a cajas azules (unitizadores).
	Transporte de material traspaleado a mercado	El material traspaleado se transporta en el montacargas 2 a una ubicación pre asignada en el almacén.
Recuperación	Recuperación	El material en cajas azules es recuperado por alguna de las cuatro rutas: amarilla, azul, naranja o verde, distribuidas a lo largo del almacén.
Embarque	Embarque	El material solicitado por el cliente abandona el almacén.

Tabla 4.1 Operaciones realizadas en el almacén para cada proceso

4.1.2 Diagramas de actividades para el montacargas 1

En la organización se cuentan con dos montacargas, los conductores son los encargados de revisar los niveles de inventario del material que utiliza el cliente, para ello, al inicio de cada turno se entrega al conductor una lista con las cantidades de material existentes en mercado, es decir, aquel material que ya se encuentra traspaleado ya sea en cajas azules o en carros, y que puede ser requerido por el cliente en cualquier momento que se ocupe en la línea de producción.

De los dos montacargas, el primero se encarga únicamente de surtir material al área de traspaleo de cajas azules, el segundo, tiene que alternar sus actividades entre el área de Recepción y de traspaleo de tubos. Cabe mencionar que el conductor del montacargas 2, también se encarga de llevar a la ubicación de almacenamiento e imprimir las etiquetas del material que pasa las inspecciones.

En la fig. 4.2, se muestran los diagramas de actividades del montacargas uno.

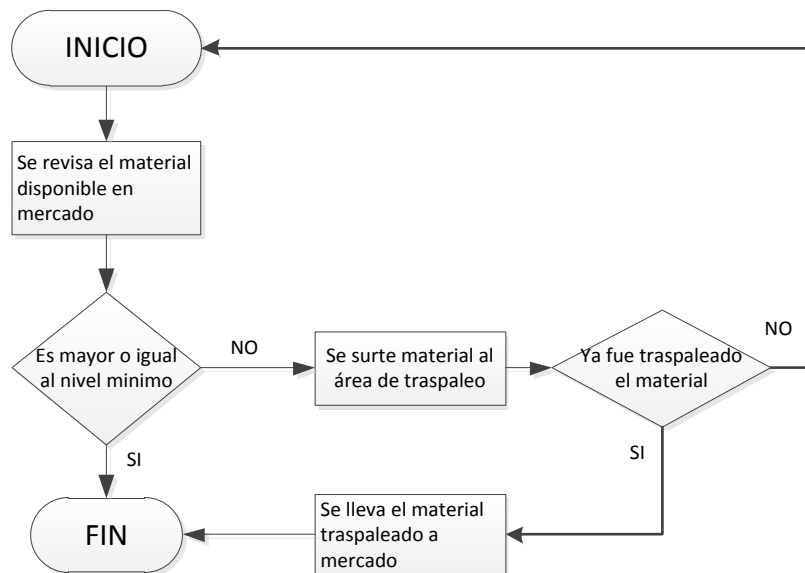


Fig. 4.2 Diagrama de actividades del montacargas 1

4.1.2 Diagramas de actividades para el montacargas 2

Para el montacargas 2 la carga de trabajo es mayor, ya que este se encarga tanto del área de Recepción como del área de traspaleo de tubos, como se aprecia en la fig. 4.3.

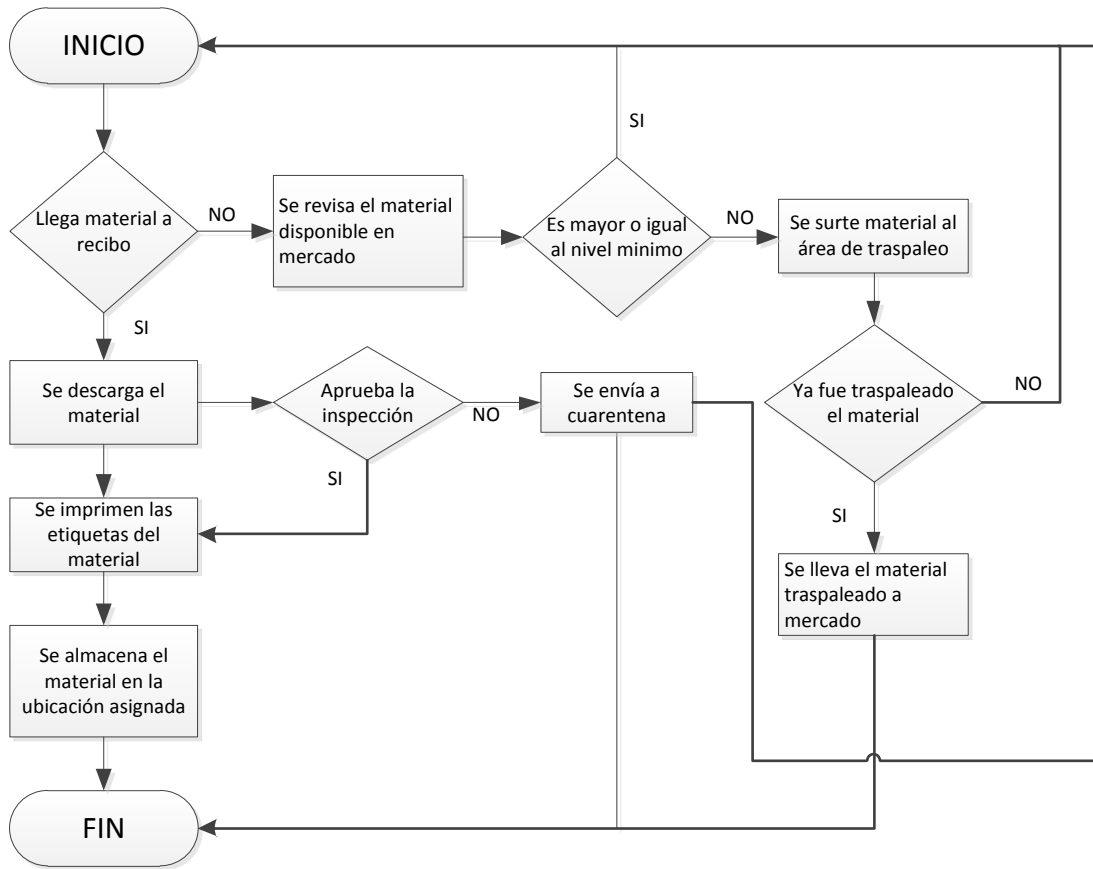


Fig. 4.3 Diagrama de actividades del montacargas 2

Como lo mostraron las figuras 4.2 y 4.3, los montacargas tienen un papel importante, debido a la influencia que tienen en el flujo del material, una vez que se han descrito las actividades que se realizan dentro del almacén, el siguiente paso es la revisión de las ubicaciones asignadas para cada número de parte.

4.1.3 Ubicaciones del material

El material que ingresa al almacén puede ser distribuido a lo largo de 1224 estantes divididos en 8 secciones de la A a la H y 4 rutas: azul, amarilla, naranja y verde.

4.1.3.1 Ubicaciones para el material que se recibe

Cuando el material es recibido, inspeccionado y se le ha asignado una ubicación esta puede estar en cualquiera de las ocho secciones, seguida del nivel del rack en que se encuentra así como el número de estante, quedando como se muestra en la tabla 4.2.

Sección	Nivel	Estante
A	1 a 4	1 a 56
B	0 a 3	1 a 40
C	0 a 4	1 a 40
D	1 a 4	1 a 28
E	0 a 4	1 a 28
F	0 a 3	1 a 28
G	0 a 4	1 a 14
H	0 a 2	1 a 18

Tabla 4.2 Secciones, niveles y estantes en que se puede ubicar el material que se recibe

4.1.3.2 Ubicaciones para el material traspaleado

Una vez que el material ha sido traspaleado a cajas azules, es llevado por el montacargas a una ubicación fija en mercado, la cual dependiendo del número de parte, puede ubicarse en una de las siguientes rutas: azul, amarilla, verde o naranja.

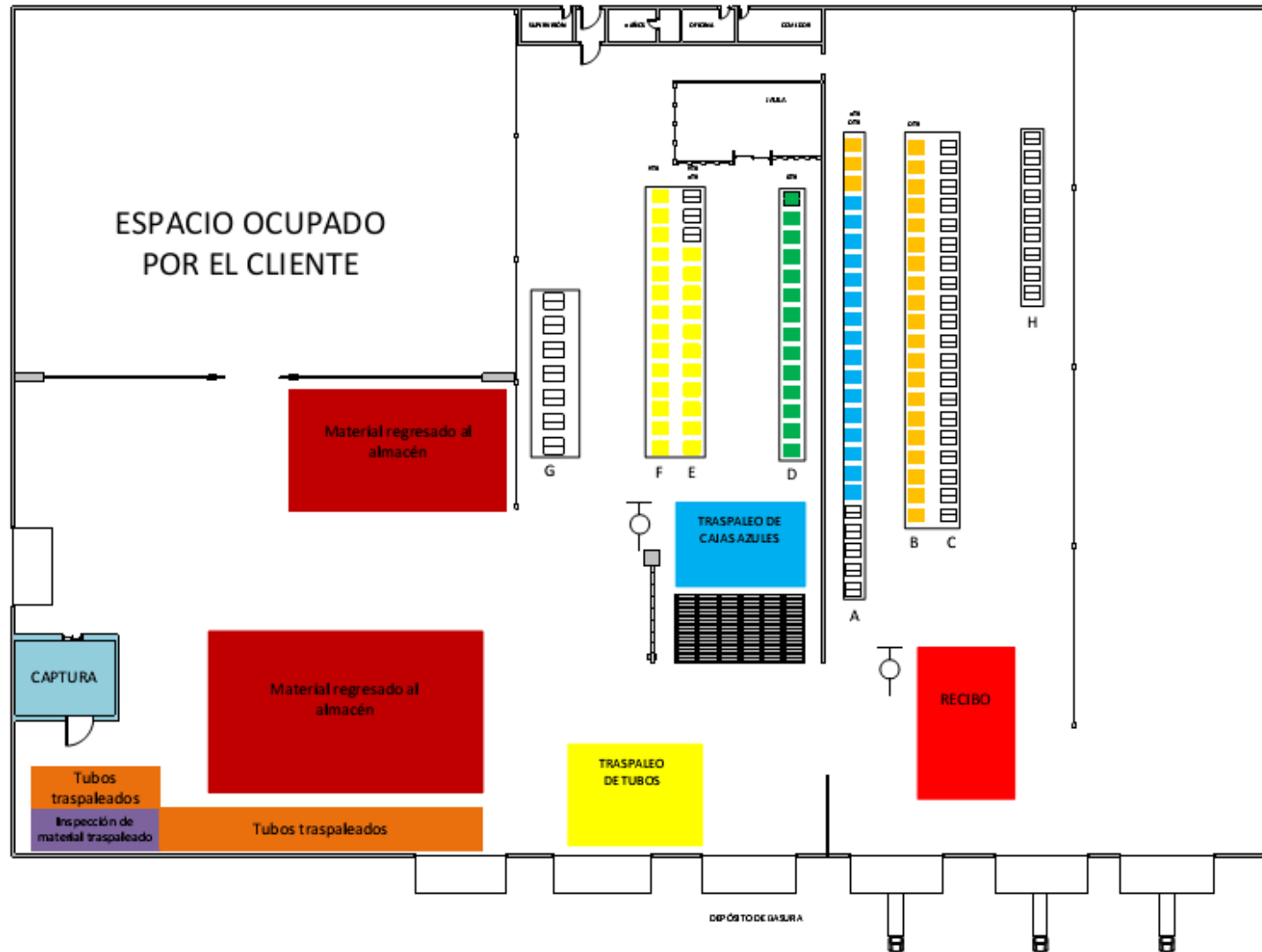


Fig. 4.4 Distribución física de las ubicaciones para almacenar el material

En la figura 4.4 se muestran las ubicaciones de cada ruta. La ubicación contiene la inicial del color escrito en inglés, seguida de las letras “TR” y el número de clúster en el que se encuentra. Quedando de la siguiente manera:

Ruta	Inicial	Numero estante
Azul	BTR	001 al 035
Amarilla	YTR	001 al 028
Verde	GTR	001 al 028
Naranja	OTR	001 al 045

Tabla 4.3 Rutas en que se puede encontrar el material traspaleado

Estas ubicaciones se conocen como “mercado” el material permanecerá en estas ubicaciones hasta que sea requerido por el cliente, es entonces cuando se inicia el proceso de recuperación.

Para una observación más detallada de la distribución de las diferentes ubicaciones, se puede revisar el anexo 1 en el cual se muestra la numeración y se indican los colores en que se pueden encontrar los números de parte correspondientes a cada ruta.

4.2 Causas del problema

De acuerdo a la información consultada, se registraron 20 paros en la línea de producción en el período de mayo de 2011 a febrero de 2012, debido a las causas que se muestran en la tabla 4.4

Causa	Frecuencia	% acumulado
Falta material traspaleado	10	62.50%
Material mezclado	3	81.25%
Ubicación errónea	1	87.50%
Inventario mal ajustado	1	93.75%
Calidad	1	100.00%

Tabla 4.4 Causas de paro en la línea de producción del cliente

El diagrama de Pareto de la tabla anterior se muestra en la fig. 4.5.

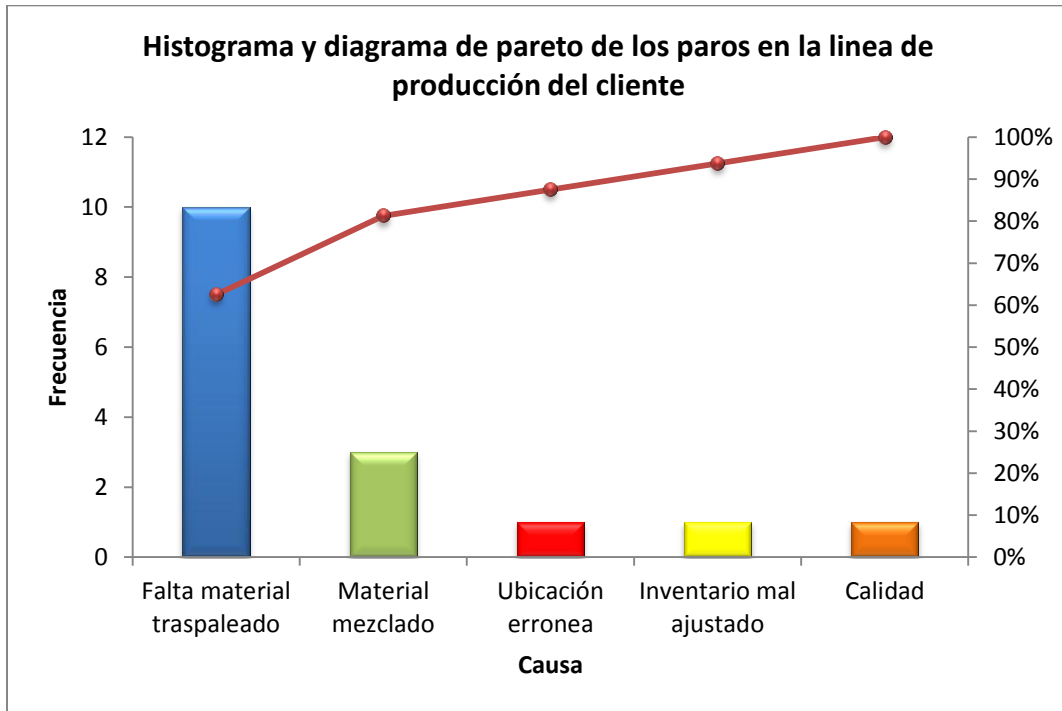


Fig. 4.5 Histograma y diagrama de Pareto de las causas de línea

En la información consultada, se encontró que los números de parte mostrados en la tabla 4.5 han causado paro en la línea de producción

Ubicación	# de parte	Número de paros
Ruta azul	1060307X	7
	1099158X	
	15-06386-9	
	15-06914-6	
	3120169000	
	15-06269-1	
Ruta amarilla	DL053-019960	2
	1068474X	
Ruta verde	AL84-5F297-DB	1

Tabla 4.5 Ubicación de los materiales que han causado paro en la línea de producción del cliente

Además se identificaron las rutas en las que se encuentra el material que ha sido causa de paro de línea así como los turnos en que se han registrado dichos paros de línea, esta información se muestra en la fig. 4.6.

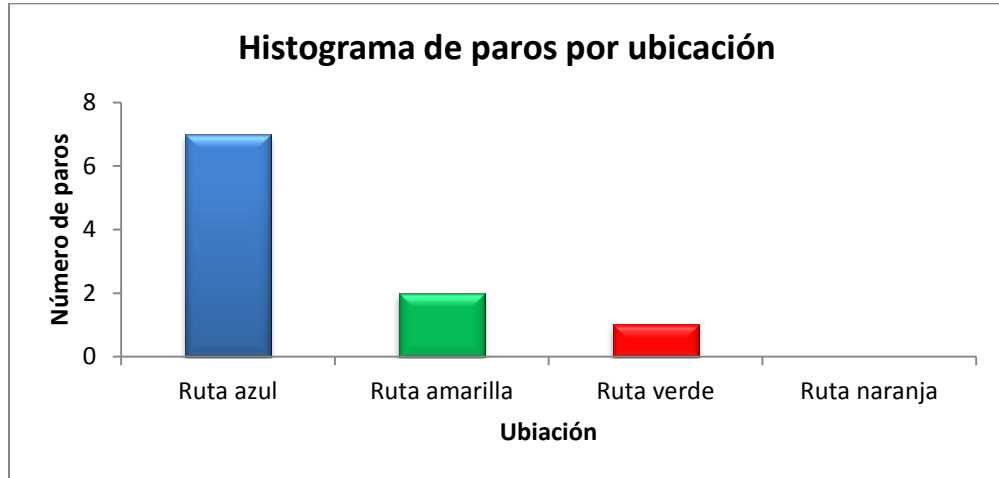


Fig. 4.6 Histograma de paros por ubicación

Paros por turno

Turno	Frecuencia	% acumulado
Turno 1	14	87.5%
Turno 2	2	100%
Turno 3	0	100%

Tabla 4.6 Cantidad de paros por turno de trabajo

Con la información de la tabla 4.6 se construyó el histograma de la fig. 4.7



Fig. 4.7 Histograma de paros por turno

Se construyó el diagrama causa-efecto de la fig. 4.8, en el que se indican las causas específicas de los paros de línea así como la proporción en que han sido causa de paros.

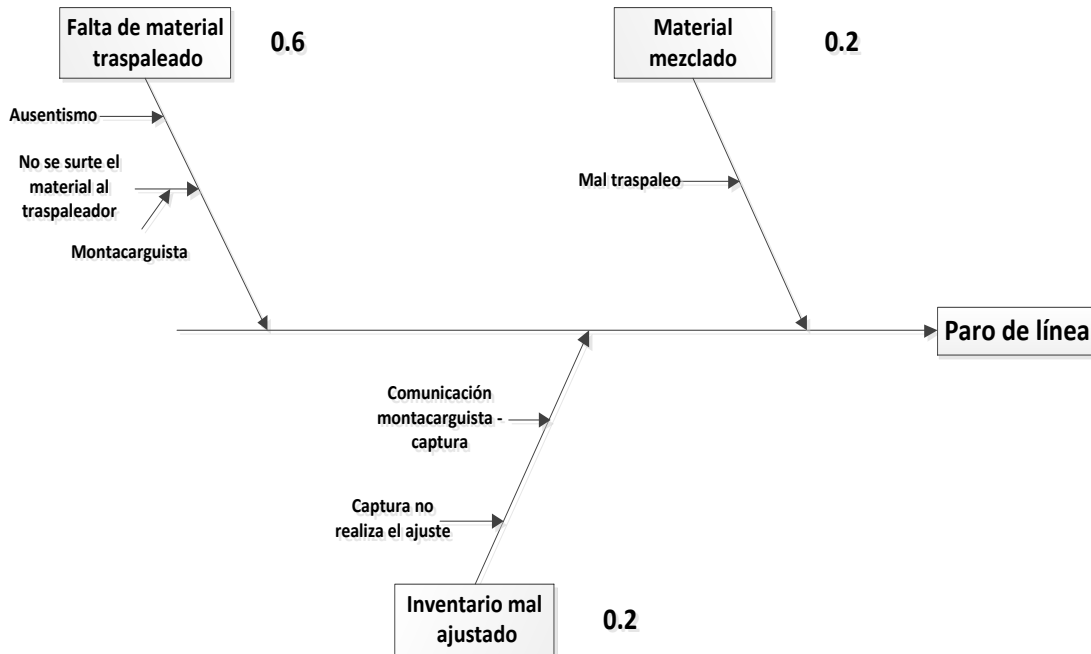


Fig. 4.8 Diagrama de las causas específicas de los paros de línea

Con base en la información que se adquirió a partir de los registros, se tiene lo siguiente:

- De la fig. 4.5, el 62.25% de los paros de línea ha sido a causa de falta de material traspaleado, 18.75% debido a material mezclado, el 6.25% por inventario mal ajustado y 6.25% por mala calidad.
- De acuerdo a la ubicación mostrada en la fig. 4.6, los paros se distribuyen de la siguiente manera:
 - Ruta azul – 70%.
 - Ruta amarilla – 20%.
 - Ruta verde – 10%.
- El 87.5% de los paros ha sido en el primer turno y el 12.5% restante en el segundo, tal como se muestra en la fig. 4.7.

Por lo tanto, en las secciones siguientes se trabajará respecto al primer turno, ya que es el que se registran mayor cantidad de paros. Asimismo se procederá a resolver el problema de falta de material traspaleado y material mezclado.

4.3 Flujo del material

En la fig. 4.9 se puede apreciar un diagrama de desplazamiento, en el que se indican los recorridos de los montacargas y por el traspaleador, se utilizan colores diferentes para cada uno y sus respectivas actividades.

4.4 Indicadores de desempeño

Como se puede observar en la tabla 4.7 la organización prácticamente carece de indicadores de desempeño, con lo cual no es posible evaluar a la organización en su totalidad, las únicas operaciones que pueden ser medidas son traspaleo de cajas y de tubos.

Operación	Empleados por turno	Indicador de desempeño	Observaciones
Montacargas	2	No tiene	Uno de los operadores está encargado del área de Recepción y el otro de surtir material al traspaleador.
Traspaleo de cajas/tubos	3	Cantidad de cajas/carros traspaleados	La cantidad de cajas traspaleadas es comparada con un estándar de 400 cajas/trabajador y para los tubos es de 30 carros/trabajador
Captura	1	No tiene	
Supervisión	1	No tiene	
Embarque	1	No tiene	A pesar de que este proceso es controlado por el cliente, el almacén tiene un trabajador para registrar de material recuperado.

Tabla 4.7 Indicadores de desempeño utilizados en el almacén

Estas operaciones cuentan con un estándar de trabajo mencionado en la sección 4.4.1 de 400 cajas por turno. Sin embargo ese estándar fue establecido en base a veinte ciclos de observación y solo se consideró un número de parte (Ver Anexo 2).

4.4.1 Estándares de trabajo

En la organización se cuenta con un estándar de trabajo para las áreas de traspaleo, dichos estándares fueron calculados a partir de la demanda diaria de material, quedando de la siguiente manera:

- Cantidad mínima de cajas azules: 400 cajas/trabajador.
- Cantidad mínima de carros: 30 carros/trabajador.

Cabe mencionar que estos estándares de trabajo no han sido modificados desde su creación, lo cual lleva a preguntarse si son válidos para la demanda actual. Con la intención de asegurar que dicho estándar de trabajo aun es válido y puede servir como punto de partida para establecer un TC, se tomó una muestra piloto, teniendo como resultado lo siguiente:

Muestra piloto para cajas azules	228, 277, 278, 278, 325, 440, 457
Muestra piloto para carros	14, 52, 27, 16, 31

Tabla 4.8 Muestras piloto para el traspaleo de cajas azules y carros

- Para la cantidad de cajas azules:

$$0.47 < P < 0.68$$

- Para los tubos

$$0.085 < P < 0.234$$

En los anexos 3 y 4 se muestra detalladamente la manera en que fueron calculados los intervalos de confianza, al igual que los elementos que forman parte de la muestra utilizada.

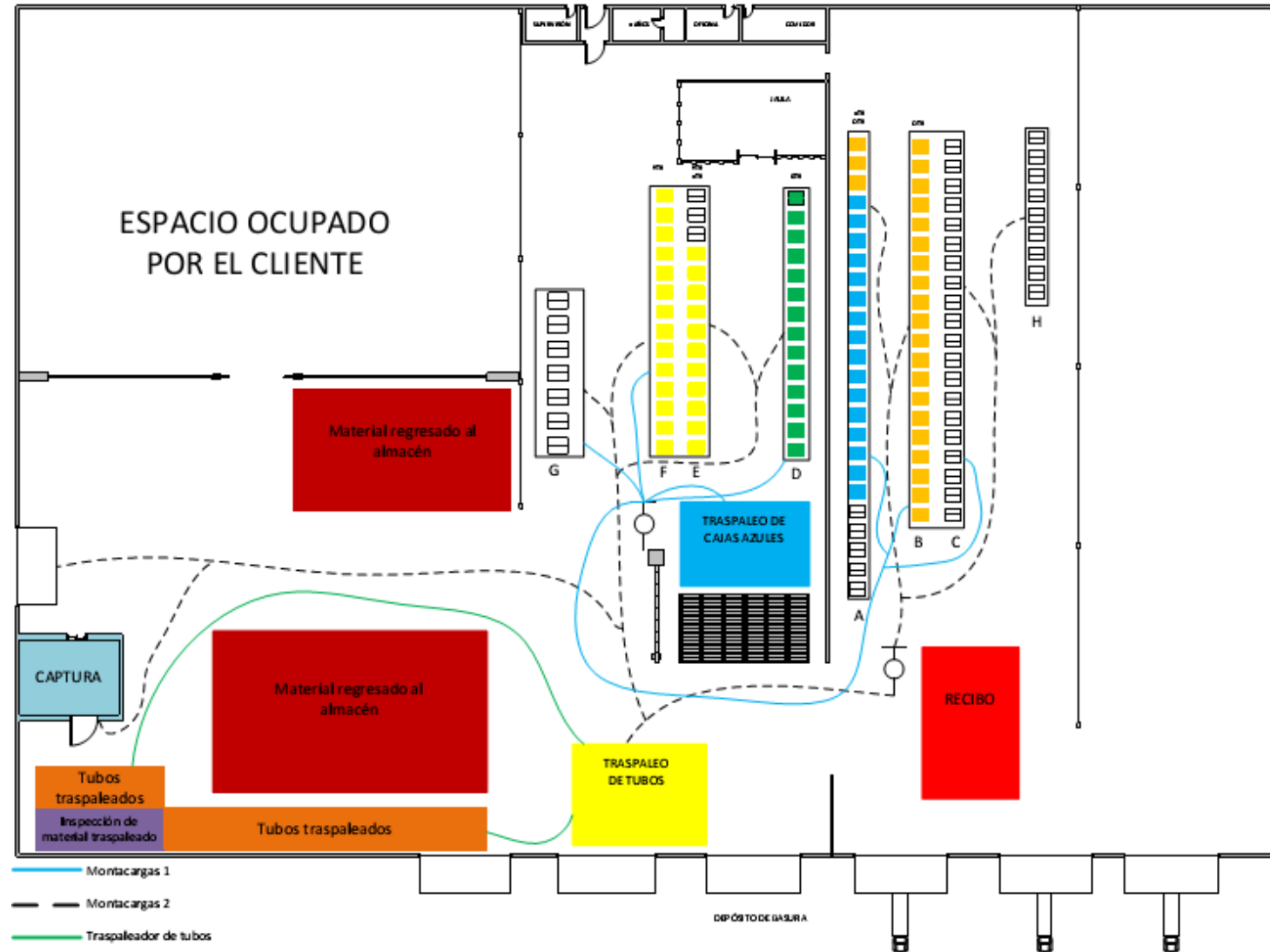


Fig. 4.9 Diagrama de desplazamientos dentro del almacén

4.4.1 Ritmo de trabajo (Takt Time)

En la organización la jornada de trabajo es de 8 horas distribuidas de la manera mostrada en la tabla 4.9.

Registro	10
Tiempo de operación	420
Comida	30
Preparar el lugar de trabajo	10
Limpieza del área de trabajo	10
Necesidades Personales	10
Total	480

Tabla 4.9 Distribución de los tiempos durante la jornada de trabajo

Una vez que se tiene el tiempo de operación, se hace una estimación para la demanda tanto de carros como de las piezas correspondientes a la ruta azul y que son traspaleadas en cajas azules.

4.4.1.1 Tiempo de ritmo (TT) para cumplir la demanda de cajas azules

Demanda de cajas azules: 299

$$TT = \frac{420 \text{ minutos}}{299 \text{ cajas}}$$

$$TT = 1.4 \text{ min/caja} \sim 84 \text{ seg/caja}$$

4.4.1.2 Tiempo de ciclo

El tiempo de ciclo (TC) se calculó a partir de la demanda y el tiempo que se tiene disponible para cumplir con dicha demanda, utilizando la siguiente relación:

$$TC = \frac{\text{Tiempo de trabajo}}{\text{Cantidad de cajas/turno}}$$

Se tomó una muestra piloto, en la que se considera la demanda de cajas azules y esta fue dividida entre el número de operadores, asegurando de esta manera una distribución equitativa de trabajo. Se tiene que el TC en segundos es:

$$60 < \mu < 66$$

4.3.1.3 Tiempo de ciclo cajas azules

$$TC = \frac{420 \text{ minutos}}{399 \text{ cajas}}$$

$$TC = 1.05 \text{ min/caja} \sim 63 \text{ segundos/caja}$$

4.5 Control de inventario

Como se explicó en la sección 2.4 estas actividades son las encargadas de llevar un monitoreo de las existencias de los artículos que forman parte del inventario, así como los niveles que permitan mantener en su punto mínimo los costos. A continuación se muestran los mecanismos que utiliza la organización para cumplir con los objetivos anteriores.

4.5.1 Formatos de control

En el almacén son utilizados para llevar un registro del material que se traspalea y el material que abandona el almacén, estos formatos sirven a la persona que está en el área de captura para realizar los ajustes al inventario al final de cada turno, desde su primera implementación han sufrido varios cambios, en los anexos se pueden apreciar los formatos que se usan actualmente, para las áreas de traspaleo, embarque y formato de salida. A continuación se describe cada uno.

4.5.1.1 Formato de control de traspaleo

Es quizás el formato que ha sufrido la mayor cantidad de modificaciones, en él se muestra el nombre del traspaleador, el número de parte y la cantidad de cajas que se traspalean, la fecha, el turno. Al final de cada turno, es entregado al supervisor quien anota en la bitácora de turno cuantas cajas fueron traspaleadas por cada trabajador. En el anexo 16 se muestra en ejemplo de este formato de control.

4.5.1.2 Formato de embarque

En este formato se anota la cantidad de cajas que el cliente recupera del almacén, la persona encargada de llevar este registro es la asignada a la operación de

embarque, este formato se elabora uno para cada ruta y contiene los números de parte correspondientes (ver anexo 16), además para su llenado se escribe la hora de inicio en que el cliente empieza a tomar material y la hora en que termina de recuperarlo. La diferencia entre este formato y el formato de guardia es que el formato de embarque no incluye los tiempos que le lleva al cliente moverse desde la entrada del almacén hasta las ubicaciones y viceversa, también se hace evidente que en ocasiones no se registra la hora en que el material abandona el almacén.

4.5.1.3 Formato de salida

También conocido como formato de “guardia” debido a que es este último quien se encarga de llenarlo. En este formato se registra la hora de entrada del cliente al almacén, es aquí cuando inicia el proceso de recuperación y finaliza cuando el guardia anota la hora en que el cliente abandona el almacén con el material recuperado. También se incluye un apartado en el cual se escribe el número de parte, la cantidad de material que es recuperado y el nombre de la persona que lo recupera.

Sin embargo a pesar de que el formato en si contiene campos que son de suma importancia para el control del almacén, estos no son llenados de forma correcta, e incluso cada guardia los llena de acuerdo a su criterio. En otras palabras se carece de estandarización. Otro aspecto importante es que los tiempos de recuperación en algunas ocasiones carecen de sentido tal y como se puede observar en el anexo 14, el cual registra que el cliente entró y salió a la misma hora del almacén.

4.5.2 Niveles de inventario

Los niveles de inventario son establecidos directamente por el cliente, se muestran las etiquetas con niveles máximos y mínimos para cada artículo en las ubicaciones de mercado. Se presenta una ayuda visual en la que también se incluye además de lo antes mencionado, el número de parte, el código de la ubicación y una foto del material.

4.5.3 Software

Se utiliza la suite Apriso's FlexNet Warehouse, a este software solo tiene acceso el supervisor, los operadores de montacargas y la persona encargada del área de captura.

- a. Operador del montacargas 2: Utiliza el sistema para dar de alta en el sistema el material que es recibido e imprimir las etiquetas que servirán para identificarlo; también utiliza un dispositivo para identificación por radio frecuencia (RFID por sus siglas en inglés) para identificar y dar de baja el material, en caso de que el cliente le solicite algún pallet completo.
- b. Operador del montacargas 1: Utiliza un dispositivo de RFID para identificar y dar de baja el material que será traspaleado.
- c. Encargado de captura: Utiliza el sistema para ajustar el inventario luego de realizar el conteo cíclico, dar de baja el material que abandona el almacén, buscar la ubicación de algún número de parte en especial, etc.
- d. Supervisor: Es el encargado de darle seguimiento al flujo de material, verificar que lo que aparece en el sistema realmente está sucediendo, sus actividades van desde buscar y verificar ubicaciones así como dar de baja material que abandona el almacén e incluso auxiliar al personal cuando estos tienen alguna dificultad con el software.

4.5.4 Conteos cíclicos

No existe una clasificación para llevar a cabo los conteos cíclicos, existe la posibilidad de que el cliente tenga una clasificación, sin embargo esta no ha sido compartida con el almacén, a pesar de que el almacén realiza conteos cíclicos, el procedimiento difiere del recomendado la sección 2.4.2 en que no existe un criterio para la clasificación, por lo tanto se le da la misma importancia a todos los números de parte; a continuación se resume la manera en que se llevan a cabo los conteos cíclicos.

1. Imprimir desde la base de datos el inventario de la ruta a la cual se realizará el conteo.

2. Ir a cada una de las ubicaciones.
3. Contar las existencias físicas de cada número de parte.
4. Las existencias físicas que no coincidan con las registradas en el sistema son marcadas y se obtiene la diferencia.
5. Se ajusta el inventario.

En la tabla 4.10 se muestra una clasificación ABC para la ruta azul, ésta fue obtenida a partir de la demanda de cajas que tiene dicha ruta (Ver anexo 12) el procedimiento puede ser extendido para el resto de las rutas.

Clasificación	Números de parte			
A	1060307X	15-09660-7	15-09677-6	25-07585-0
	15-09615-2	1057326X	15-09588-7	DL180-003740
	15-05700-0	1099158X	15-10048-0	1059256X
	15-06914-6	15-07580-0	15-10504-0	1099163X
	15-09661-9	3120169000	15-07854-0	15-07730-0
	DL186-009500	3120180000	15-06363-4	
	1099164X	15-06386-9	15-09827-8	
B	15-07853-8	15-08105-3	DL186-009870	15-09823-9
	15-08987-7	15-08777-5	15-08985-3	1080631X
	DL180-002283	DL241-009764	15-02401-4	15-20474-4
	15-08184-5	WW04544HT	3120180100	15-06267-8
				15-07236-0
C	3120192800	15-07581-1	15-09287-8	
	15-06269-1	15-07582-3		

Tabla 4.10 Clasificación ABC para los números de parte de la ruta azul

5. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados encontrados durante la aplicación de la metodología propuesta en el capítulo 3.

5.1 Descripción de las actividades

En lo referente a las actividades, podemos encontrar que sin duda alguna el traspaleo es la actividad medular y sobre la que debe ponerse especial atención, debido a las implicaciones que tiene para asegurar el suministro de material al cliente.

A pesar de que el resto de las operaciones en los procesos de recepción y ubicación tienen cierta influencia sobre el suministro de material al cliente, el traspaleo es sin duda la más crítica por las consecuencias que tiene el que un material no sea traspaleado; en otras palabras sin no se cuenta con material traspaleado, la línea de producción entraría en paro de labores.

5.2 Causas del problema

De las cinco causas de los paros en la línea de producción del cliente, cuatro pueden ser controladas directamente por el almacén: la falta de material traspaleado, material mezclado, ubicaciones erróneas e inventario mal ajustado.

El ajuste de inventario y ubicaciones erróneas, pueden ser abordadas por el departamento de captura ya que el operador del montacargas 2 tiene acceso al sistema de control de inventario y es el encargado de ubicar el material traspaleado. Los conteos cíclicos son llevados por el encargado del área de captura y es quien ajusta el inventario diariamente.

Que el material traspaleado no se encuentre mezclado es responsabilidad del traspaleador ya que es este quien mueve el material de los contenedores a las cajas azules para que sean llevados.

La falta de material traspaleado es la actividad más difícil de controlar, ya que a la fecha no se cuenta un departamento de planeación por lo que sería prácticamente el material que será traspaleado depende del operador del montacargas 2 quien

decide de acuerdo a su criterio careciendo de un método que permita discriminar entre el material que será surtido al área de traspaleo de aquel que permanecerá en su ubicación.

5.3 Flujo del material

Si se observa la figura 4.9, se encontrará que hay una gran cantidad de intersecciones entre los desplazamientos realizados por los montacargas, teniendo de esta manera un desperdicio en los movimientos.

5.4 Indicadores de desempeño

De las cinco operaciones principales, solo una cuenta con indicador de desempeño del cual se lleva un registro, sin embargo este indicador de acuerdo al intervalo que se obtuvo, solo se cumple del 47 al 68 por ciento de las ocasiones para las cajas azules, y del 8.5 al 23.4 por ciento para los tubos.

5.5 Control de inventario

A pesar de que en el almacén se cuenta con software que permite la revisión del inventario en tiempo real, se han presentado problemas de inventario mal ajustado; para afrontar esta situación se llevan a cabo conteos cíclicos, aun así, estos conteos carecen de una metodología previa, es decir los conteos se llevan de acuerdo al criterio del encargado del área de captura, además los artículos en el almacén no se encuentran clasificados de acuerdo a un criterio ABC, que es la principal recomendación para llevar conteos cíclicos.

Aunado a lo anterior, se encontró que en los formatos de salida, en ocasiones los registros de salida de material, no presentan la hora real en que el material fue recuperado del almacén, en lo referente a los formatos de traspaleo estos proporcionan información detallada, la cual sin embargo, no se registra de manera digital. Si se desean consultar los materiales que se han sido traspaleados durante cierto periodo la consulta se realiza de forma manual revisando una por una las hojas de registro.

6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En esta sección se muestran las conclusiones obtenidas del análisis de los resultados de la aplicación metodología propuesta; también se hace una descripción breve de algunas recomendaciones en las que podría interesarse la organización.

Al final se muestran las futuras líneas de investigación que fueron identificadas durante el periodo de tiempo que llevó realizar el presente trabajo.

6.1 Conclusiones

Con el presente trabajo se identificaron las actividades que son críticas para un flujo constante de material así como las causas de los paros en la línea de producción del cliente, también se hace evidente la falta de control en los procesos de Recepción y ubicación al igual que la ausencia de indicadores de desempeño en las actividades que forman parte de cada proceso.

Se demostró también la importancia de la actividad de traspaleo y la manera en que esta afecta el flujo del material, sin embargo poco se está haciendo al respecto ya que en la organización carecen de políticas para determinar el material que se traspaleará en cada turno; además, se pudo observar que las intersecciones entre los desplazamientos de los montacargas, provocan retrasos en el flujo de material.

Con respecto a las causas del problema, se tiene que controlando las actividades de traspaleo se puede mejorar significativamente, ya que el 81% de las ocasiones que no se ha cumplido con la demanda interna se debe a que la cantidad de material traspaleado es insuficiente para cumplir con la demanda interna o simplemente no fue traspaleado de acuerdo a las especificaciones del cliente.

De las actividades restantes, una tiene que ver con las actividades de ubicación de material y otra con el ajuste de inventario, mismas que pueden ser controladas mediante el seguimiento de material. En lo que se refiere a la última causa,

calidad, esta no puede ser controlada por el almacén, debido a que no se tiene control sobre los procedimientos utilizados por el proveedor para los envíos de mercancías.

A pesar de que las ubicaciones en las que se resguarda el material ya han sido asignadas, son evidentes las intersecciones entre los montacargas cuando se ubica/transporta el material lo que al igual que los recorridos que realizan el montacargas 2 y el traspaleador de tubos resultan en desperdicios de tiempo, esfuerzo y combustible.

En lo que se refiere a los indicadores de desempeño para traspaleo, se pudo comprobar que el número de veces que se cumple con el estándar a partir del cual se mide el desempeño del trabajador, está muy por debajo de la unidad, por lo que una revisión de este indicador es urgente. También es evidente la ausencia de indicadores en el resto de las actividades que se realizan en el almacén, por lo que se considera de suma importancia una revisión a fondo del tema.

La importancia del control de inventario ya ha sido descrita en el capítulo dos, si bien en la organización se utilizan formatos para el registro de extracción de material, éstos no se llenan apropiadamente sobre todo aquellos usados para el control de embarques y salidas.

Los utilizados para traspaleo, si bien muestran información detallada sobre el número de parte, cantidad de cajas, hora, trabajador que traspalea, etc. al momento de recopilar la información en las bitácoras de turno se tiene que sólo se utiliza la información relacionada con la cantidad de cajas traspaleadas, desperdiciando el resto de los datos, si bien estos formatos son archivados, si se desea consultar algún día en específico, es necesario buscar entre todos los formatos ya que no están clasificados.

A pesar de que la organización presenta problemas en la administración y control de las actividades dentro del almacén, también se hace evidente la cantidad áreas de oportunidad, la reestructuración en algunas de las políticas bajo las que opera el almacén, podría ser el primer paso hacia un mejor desempeño.

6.2 Recomendaciones

En el presente trabajo se desarrolló y aplicó una metodología para responder a las preguntas de investigación que se plantearon en el capítulo uno, dicha metodología se basó en la revisión bibliográfica de casos similares. A pesar de que se lograron los objetivos planteados en el capítulo uno, aún queda mucho trabajo por hacer así como áreas de oportunidad que pueden ser explotadas para beneficio de la organización.

Independientemente de las herramientas de calidad y manufactura esbelta que se apliquen en la organización, no se logrará mejorar el desempeño si no existe un compromiso, voluntad e iniciativa, tanto de la empresa como del trabajador.

Lo que aquí se mostró es solo el análisis de los procesos de Recepción y ubicación, si se desean soluciones particulares se recomienda profundizar en los temas que fueron desarrollados para obtener el mayor beneficio posible, en los párrafos siguientes se hacen algunas recomendaciones que a juicio del autor podrían tener un impacto positivo en el desempeño y contribuir a alcanzar esa visión a la que la organización aspira.

- Llevar a cabo conteos cíclicos del inventario ubicado en el área “mercado” siguiendo una metodología, la clasificación ABC es un buen punto de partida.
- Si se desea estandarizar procesos, es recomendable considerar la implementación de un sistema de gestión de calidad ISO 9001
- Implementar las 5's en todo el almacén es una forma sencilla de organizar un área de trabajo y conservar solo aquello que se requiere, teniendo de esta manera ahorros en espacio, reducción en el número de desplazamientos y una ubicación más rápida del material que ingresa al almacén.
- Utilizar gráficos de control para analizar el comportamiento de los procesos que se llevan a cabo dentro del almacén
- Contar con un registro virtual tanto del material que se traspalea diariamente como de la demanda diaria de cada número de parte.

- Colocar ayudas visuales en las que se proporcione a los clientes y proveedores la información necesaria para realizar su trabajo de manera rápida y ordenada.
- Uso de radios para mejorar y agilizar la comunicación.
- Trabajar en un programa de planeación y control de las actividades que se realizan dentro del almacén.
- El uso de pronósticos para la estimación de la demanda.

6.3 Trabajos futuros

Las siguiente son áreas en las que se podría darle seguimiento al presente trabajo y en las que la organización podría interesarse.

- a. La reestructuración de las políticas bajo las cuales opera el almacén.
- b. Dada la cantidad de desplazamientos, se recomienda reconsiderar el arreglo de las instalaciones.
- c. Dado que la clasificación del inventario se ve afectado por más de una variable, una buena opción es utilizar una clasificación del inventario con un enfoque multicriterio.

7. REFERENCIAS

Abdullah, F., 2003. Lean manufacturing tools and techniques in the process industry with focus on steel. Pittsburgh: University of Pittsburgh.

APICS, 2012. Warehouses. Disponible en: <<http://www.apicsforum.com/ebook/warehouses>> [Consultado el 15 de Octubre de 2012].

Apud, E., Meyer, F., (2003). La importancia de la ergonomía para los profesionales de la salud.

Arieta, J.G., 2011. Aspectos a considerar para una buena gestión en los almacenes de las empresas (Centros de Distribución, CEDIS). *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 16 (30). pp.83-96.

Babiloni, E., Cardós, M., Albarracin, J.M., Palmer, M.E., 2010. Demand categorization, forecasting, and inventory control for intermittent demand items. *SAJIE*, 21 (2). pp.115-130.

Bamford, D., Greatbanks, R., 2005. The use of quality management tools and techniques: a study of application in everyday situations. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22 (4). pp. 376 – 392.

Benneyan, J. C., Lloyd, R. C., Plsek, P. E., 2003. Statistical process control as a tool for research and healthcare improvement. *Quality Improvement Research*. pag. 458-464.

Berg van den, J.P. and Zijm, W.H.M., 1999. Models for warehouse management: classification and examples. *International Journal of Production Economics*, 59 (1-3). pp. 519-528.

Besterfield, D. H. (2009). *Control de calidad*. México [etc.], Pearson Prentice-Hall

Blomqvist, T., (2010) *A warehouse design framework for order processing and materials handling improvement - Case Etra Oy*. MsC. Thesis. Aalto University School of Economics. Bouza, A., 2000. Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud. *Revista cubana de salud pública*, 26 (1), pp. 50-56

Bridger R.S., 2003. Introduction to ergonomics. Taylor & Francis e-library. pp. 21-31.

Brown, G.D., O'rourke, D., 2007. Lean Manufacturing Comes to China: A Case Study of Its Impact on Workplace Health and Safety. *International journal of occupational and environmental health*. 13 (6). p. 249-257.

Calvo, R., 2007. Contra el desorden y el caos, "El camino del peregrino" *Business*, pp.18-24.

Capó-Vicedo, J., Expósito-Langa, M., Masiá-Buades, E. 2007. La importancia de los clusters para la competitividad de las PYME en una economía global. *Eure*, 33 (98). pp. 119-133.

Chakraborty, S. & Banik, D., 2005. Design of a material handling equipment selection model using analytic hierarchy process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(11-12), pp.1237-1245. Disponible en: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00170-004-2467-y> [Consultado el 28 de Octubre, 2011].

Chase, R. B., Jacobs, F. R., Aquilano, N. J., 2010. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. McGraw-Hill, México.

Corner, G., 2001. *Lean manufacturing for the small shop*. Dearborn, Michigan: society of manufacturing Engineers.

Correa E., Gómez R., Cano J. (2011). *Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC)*. Biblioteca digital Icesi Vol. 26 No. 117

Dallari, F., Marchet, G., Melacini, M., 2009. Design of order picking system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 42 (1). pp.1–12.

De Koster, R., Roodbergen, K. J., Van Voorden, R., 1999. Reduction of Walking Time in the Distribution Center of De Bijenkorf. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. pp 215-234.

De Koster, M.B.M., 2012, Warehouse Assessment in a Single Tour. *Warehousing in the Global Supply Chain*. pp 457-473. Springer London.

Díaz, M., De Liz, Y., Rivero, S., 2009. Características de los sistemas de información que permiten la gestión oportuna de la información y el conocimiento institucional. *ACIMED*, 20 (5). pp. 66-71.

Dickinson, G. Y., Espinoza, C. D., Ripoll, F. V., 2009. Propuesta de un procedimiento para el proceso de planificación del inventario en el hotel La Herradura. *Contabilidad y Negocios*, 4 (8) pp. 5-17.

Dolgui, A. & Proth, J.-M., 2010. *Supply Chain Engineering*, London: Springer London. Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/qh86223535624758/> [Consultado 1 de Noviembre de 2011].

Ene, S., Öztürk, N., 2012. Storage location assignment and order picking optimization in the automotive industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60 (5). pp. 787-797.

Gagliardi, J.P., Renaud, J., Ruiz, A., 2007. A simulation model to improve warehouse operations. *Winter Simulation Conference*. Québec, Canada. pp. 2012-2018.

Gamberi, M., Manzini, R. & Regattieri, A., 2008. An new approach for the automatic analysis and control of material handling systems: integrated layout flow analysis (ILFA). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1-2), pp.156-167. Disponible en:

<http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00170-008-1466-9> [Consultado 16 de septiembre de 2011].

García-Sabater, J.P., 2004. *Almacenes*. [online] Disponible en <<http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/7%20Almacenes.pdf>> [Consultado 18 de septiembre de 2011]

Goitia, S., Saenz-de-Lacuesta, S., Bilbao, M., 2008. Implantación de sistemas de información empresarial. *El profesional de la información*, 17 (5). pp.540-545.

Gómez, S., 2011. Saber más... ISO 14000. Centro de información y comunicación ambiental de norte América, A.C. Ciudad de México, México. Disponible en: <http://www.ciceana.org.mx/recursos/ISO%2014000.pdf> [Consultado el 20 de Marzo de 2012]

Gong, Y. & Koster, R.B.M., 2011. A review on stochastic models and analysis of warehouse operations. *Logistics Research*, 3(4), pp.191-205. Disponible en: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s12159-011-0057-6> [Consultado el 28 de Octubre, 2011].

González-Cruz, M., Gómez-Senent E., 2011. An entropy-based algorithm to solve the facility layout design problem. *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, 27(1), 88-100.

González- Gallego, N., Soto-Acosta, P., Trigo, A., Molina- Castillo, F., Varajão, J., 2010. El papel de las TIC en el rendimiento de las cadenas de suministro: el caso de las grandes empresas de España y Portugal, (28). pp. 102-115.

Green J C, L.K.A., 2010. *Managing lean manufacturing in material handling operations*. *International Journal of Production Research*, 48(10), p.2975-2993. Disponible en: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77951143244&partnerID=40&md5=b1584848721541b055e81e04274e270a> [Consultado el 17 de Noviembre, 2011]

Gu, J., Goetschalckx, M., McGinnis, L.F., 2007. Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177 (1). pp. 1-21.

Guáqueta, J., Mach, P. 2001. Utilization of the seven Ishikawa tools (old tools) in the six sigma strategy. *IEEE Xplore Digital Library* [En línea] Disponible en <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=931009&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D931009> [Consultado el 10 de Diciembre de 2012].

Gutiérrez, H., & Vara salazar, R. D. L. (2004). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México, McGraw-Hill

Gürhan, K. A., Shang, H. K., 2007. Inspection and replenishment policies for systems with inventory record inaccuracy. *MANUFACTURING & SERVICE OPERATIONS MANAGEMENT*, 2 (9), pp. 185-205.

Hastings, N., 2010. *Physical Asset Management. Inventory*. Springer Londres.

He, Z., Staples, G., Ross, M., Court, I., 1996. Fourteen Japanese quality tools in software process improvement, *The TQM Magazine*, 8 (4). pp. 40 – 44.

Hedenstierna, P., Hilletoft, P., Hilmola, O., 2009. *Rapid Modelling for Increasing Competitiveness*. Springer, Londres.

Heimann, R., 2010. Better quality control: stochastic approaches to optimize properties and performance of plasma-sprayed coatings. *Journal Of Thermal Spray Technology*, 19 (4). pp. 765-778.

Hoyle, D. 2006. *ISO 9000 quality systems handbook*. Oxford [U.K.], Butterworth-Heinemann.

Jithavech, I. & Krishnan, K.K., 2009. A simulation-based approach for risk assessment of facility layout designs under stochastic product demands. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 49(1-4), pp.27-40.

Disponible en: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00170-009-2380-5>
[Consultado el 28 de Octubre, 2011].

Khojasteh-Ghamari, Y., 2012. Warehouse management: productivity improvement in automated storage and retrieval systems. *Warehousing in the Global Supply Chain*. pp 233-260. Springer London.

Kilpatrick, J., 2003. *Lean principles*. Utah: Manufacturing Extension Partnership.

Kulak, O., 2005. A decision support system for fuzzy multi-attribute selection of material handling equipments. *Expert Syst. Appl.* 29(2) pp 310-319. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2005.04.004> [Consultado el 14 de Octubre, 2011].

Kulwiec, R., (1985). Basic materials handling concepts. In KULWIEC, Raymond A. ed. - *Materials handling handbook*. 2ª ed. [en línea]. Nueva York: John Wiley & Sons, Disponible en: http://books.google.es/books?id=8Rn72t-L_g8C&lpq=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false. [Consultado el 8 de octubre, 2010].

Lam, R., Hernández, P., 2008. Los términos: eficiencia, eficacia y efectividad ¿son sinónimos en el área de la salud?. *Revista cubana de hematología, inmunología y hemoterapia*, 24 (6), pp. 1-6.

Lian, Y.H., Landeghem Van, H., 2007. Analyzing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. *International Journal of Production Research*, 45 (13). pp. 3037-3058.

Lichiello, P., 1999. Turning Point Guidebook for Performance Measurement. *Turning point national program office at the University of Washington*. Llaneza, J., (2004). La ergonomía forense.

Life cycle engineering. 2008. ABC analysis of MRO inventory. Disponible en <<http://www.lce.com/pdf/abcclassification.pdf>> [consultado el 18 de febrero, 2012].

Malevski, Y., & Rozotto, A. (1995). *Manual de gestión de la calidad total a la medida*. Guatemala, Editorial Piedra Santa.

Malmborg, C. J., 1998. Analysis of storage assignment policies in less than unit load warehousing systems. *International Journal of Production Research*. 36 (12). pp. 3459-3475.

Maneiro, N., (2005). Optimización del manejo de materiales en una empresa fabricante de cremas dentales mediante métodos evolutivos, Directory of open

Manso, R.A., 2008. Servicio de referencia virtual: teoría y práctica en torno a las políticas para su gestión y desarrollo. *Revista Española de Documentación Científica*, 31 (1). pp. 39-51.

Mecklenburgh, J.C., 1985. *Process plant layout*. Longman. New.

Mejía, C., 1998. Indicadores de efectividad y eficiencia. [En línea] Planning consultores gerenciales. Medellín, Colombia. Disponible en: <http://planning.co/bd/archivos/Octubre1998.pdf> [Consultado el 22 de Marzo, 2012].

Merkuryev, Y., Burinskiene, A., Merkuryeva, G., 2009. Warehouse Order Picking Process. En: *Simulation-Based Case Studies in Logistics*. Springer London, pp. 47-65.

Meyers, F., 2000. *Estudios de tiempos y movimientos*. Editorial Pearson.

Mpwanya, M.F., 2005. Inventory management as a determinant for improvement of customer service. University of Pretoria.

Nahmias, S., 2009. *Production and operations analysis*. 6th ed. Singapur: McGraw-Hill.

National Research Council. 1999. Measuring health performance in the public sector: a summary of two reports. Washington, DC: The National Academies Press.

Nicholas, J., 1998. Competitive manufacturing management: continuous improvement, lean production, customer-focused quality. McGraw-Hill.

Niño, L.F., Bednarek, M., 2010. Metodología para implantar el sistema de manufactura esbelta en PyMES industriales mexicanas. *CONCYEG*. 5 (65). pp. 1284-1307.

Otleey, D., 2004. Measuring performance: the accounting perspective. En Neely, A., ed. 2004. *Business performance measurement: theory and practice*. Cambridge: Cambridge University Press. Ch.1.

Parada, G. O., 2009. Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Redalyc*, 22 (38). pp. 169-187.

Paramasivam, V., Senthil, V. & Rajam Ramasamy, N., 2010. Decision making in equipment selection: an integrated approach with digraph and matrix approach, AHP and ANP. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 54(9-12), pp.1233-1244. Disponible en: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00170-010-2997-4> [Consultado el 26 de Septiembre, 2011].

Petersen, C. G., Aase, G., 2004. A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking. *International Journal of Production Economics*. 1 (92). pp 11-19.

Plsek, P., 1999. *Quality improvement methods in clinical medicine*. *Official Journal Of American Academy Of Pediatrics*, 103 (1). pp.203-214.

Rameez, H., Inamdar, K.H., 2010. Areas of lean manufacturing for productivity improvement in a manufacturing unit. *World academy of science, engineering and technology*. 69, pp. 584-587.

Ren, Y., Jiang, D., Xing, T., Zhu, P., 2011. Research on Quality Control Flows and Techniques of Software Project Management. *Advanced Materials Research*, pp. 820 – 823.

Render, B., Hanna, M., Stair, R., 2012. Quantitative analysis for management. 11th Ed. Pearson Education, New Jersey.

Reyes Aguilar, Primitivo. 2002. "Manufactura Delgada (Lean) y Seis Sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones". *Contaduría y Administración*, num. abril-junio, pp. 51-69.

Rezaei, J., Dowlatshahi, S., 2010. A rule-based multi-criteria approach to inventory classification. *International Journal of Production Research*, 48 (23). pp. 7107-7126.

Romero, F., 2011. Cadenas productivas y de servicios: modelos de cadenas productivas (Material de clase, 29 de Agosto de 2011).

Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stokrahm, V., van Houtum, G., Mantel, R., Zjim, 2000. W.: Warehouse design and control: framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122 (3). pp.515-533.

Rossetti, M. D., Collins, T., Kurgund, R., 2001. *Inventory Cycle Counting – A Review, The Proceedings of the 2001 Industrial Engineering Research Conference*, J. Rajgopal, K. Needy, Dallas, Texas.

Salazar, F., Vargas, L., Añasco C., Orejuela J. (2011). Propuesta de distribución en planta bietapa en ambientes de manufactura flexible mediante el proceso analítico jerárquico. *Revista EIA*, ISSN 1794-1237, N°. 14, 2010, págs. 161-175

Sayarshad, H.R., 2009. Using bees algorithm for material handling equipment planning in manufacturing systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 48(9-12), pp.1009-1018. Disponible en: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00170-009-2363-6> [consultado el 28 de Octubre, 2011].

Sople, V.V., 2007. Material Handling Equipment: Exploiting Productivity Potential in Supply Chain. *SEARCH*, 10 (10)

Soto, C. R., 2008. Conteo cíclico de inventarios. *Centro de Integración para la Industria Automotriz y Aeronáutica de Sonora, A.C.* 7 (18).

Sujono, S., Lashkari, R.S., 2007. A multi-objective model of operation allocation and material handling system selection in FMS design. *International Journal of Production Economics*. 105(1), pp 116-133. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527306000697> [consultado el 9 de Octubre, 2011].

Sulek, J., Maruchek, A., Lind, M., 2005. Measuring performance in multi-stage service operations: An application of cause selecting control charts. *Journal of Operations Management*, 24 (5). pp. 711 – 727.

Tinoco, J., 2004. *Implementation of lean manufacturing*. Wisconsin: University of Wisconsin-Stout.

Tompkins International, 2012. Increase Inventory Accuracy & Eliminate Wall-to-Wall Physical Inventory [En línea] Disponible en: <http://www.tompkinsinc.com/bbp-report/2012/cycle-counting-increase-inventory-accuracy-eliminate-wall-to-wall-physical-inventory/> [Consultado el 24 de Julio de 2012]

Tompkins, J.A. and Bozer, J.A. and Tanchoco, J.M.A., 2003. *Facilities Planning*. 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc.

Wilson, L., 2010. How to implement lean manufacturing. McGraw-Hill.

Wong, C., 2010. *Using ABC Analysis for Inventory Control*. [En línea] Disponible en <http://www.apics-redwood.org/articles/art0302BCW.htm> [Consultado el 14 Julio de 2012].

Wong, C.K., Fung, I.W.H., Tam, C.M., 2010. Comparison of Using Mixed-Integer Programming and Genetic Algorithms for Construction Site Facility Layout Planning. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133 (10). pp.1116-1129.

Xu, G. & Papageorgiou, L.G., 2009. Process plant layout using an improvement-type algorithm. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(6), pp.780-788.

Disponible en: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263876208003353>>
[Consultado el 28 de Octubre, 2011].

Yang, L. & Feng, Y., 2006. Fuzzy multi-level warehouse layout problem: New model and algorithm. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 15(4), pp.493-503. Disponible en <<http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11518-006-5017-3>> [Consultado el 28 de Octubre, 2011].

Zhenyuan, J. et al., 2011. Design and implementation of lean facility layout system of a production line. *Journal of Industrial Engineering*, 18(5), pp.260-2

ANEXO 1 Ubicaciones del material (continuación)

Sección C

040	039	038	037	036	035	034	033	032	031	030	029	028	027	026	025	024	023	022	021	020	019	018	017	016	015	014	013	012	011	010	009	008	007	006	005	004	003	002	001
140	139	138	137	136	135	134	133	132	131	130	129	128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101
240	239	238	237	236	235	234	233	232	231	230	229	228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201
340	339	338	337	336	335	334	333	332	331	330	329	328	327	326	325	324	323	322	321	320	319	318	317	316	315	314	313	312	311	310	309	308	307	306	305	304	303	302	301
440	439	438	437	436	435	434	433	432	431	430	429	428	427	426	425	424	423	422	421	420	419	418	417	416	415	414	413	412	411	410	409	408	407	406	405	404	403	402	401

Sección D

428	427	426	425	424	423	422	421	420	419	418	417	416	415	414	413	412	411	410	409	408	407	406	405	404	403	402	401
328	327	326	325	324	323	322	321	320	319	318	317	316	315	314	313	312	311	310	309	308	307	306	305	304	303	302	301
228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201
128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101
028	027	026	025	024	023	022	021	020	019	018	017	016	015	014	013	012	011	010	009	008	007	006	005	004	003	002	001

ANEXO 1 Ubicaciones del material (continuación)

Sección E

022	021	020	019	018	017	016	015	014	013	012	011	010	009	008	007	006	005	004	003	?	029										
122	121	120	119	118	117	022	?	020	?	018	016	017	014	013	012	011	010	009	008	102	101	006	005	004	003	002	001				
228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	B126	B125				
328	327	326	325	324	323	322	321	320	319	318	317	316	315	314	313	312	311	310	309	308	307	306	305	304	303	302	301				
428	427	426	425	424	423	422	421	420	419	418	417	416	415	414	413	412	411	410	409	408	407	406	405	404	403	402	401				

Sección F

328	327	326	325	324	323	322	321	320	319	318	317	316	315	314	313	312	311	310	309	308	307	306	305	304	303	302	301				
228	227	226	225	224	223	222	221	220	219	218	217	216	215	214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201				
128	127	126	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101				
028	027	026	025	024	023	022	021	020	019	018	017	016	015	014	013	012	011	010	009	008	007	006	005	004	003	002	001				
P028	P027	P026	P025	P024	P023	P022	P021	P020	P019	P018	P017	P016	P015	P014	P013	P012	P011	P010	P009	P008	P007	P006	P005	P004	P003	P002	P001				

ANEXO 1 Ubicaciones del material (continuación)

Sección G

P014	P013	P012	P011	P010	P009	P008	P007	P006	P005	P004	P003	P002	P001
014	013	012	011	010	009	008	007	006	005	004	003	002	001
114	113	112	111	110	109	108	107	106	105	104	103	102	101
214	213	212	211	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201
314	313	312	311	310	309	308	307	306	305	304	303	302	301
414	413	412	411	410	409	408	407	406	405	404	403	402	401

Sección H

201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
001	002	003	004	005	006	007	008	009	010	011	012	013	014	015	016	017	018

ANEXO 2 Tiempo de ciclo para cajas azules según el cliente

MEDIDAS DE TIEMPO CICLO																						
PRODUCTO:		OPERADOR N°:		EN TOTAL:		(N-1; N; N-1)															LAYOUT:	
PROCESO:		ANALIZADO POR:																				
FECHA:		HORA:		NOMBRE DEL OPERADOR:																		
N°	OPERACIONES ELEMENTARIAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	MP: TOMA CAJA AZUL COLOCA CAJA EN MESA	8	7	6	7	5	7	6	6	7	7	6	7	8	7	6	5	6	6	6		
2	MP: ABRE CAJA DE MATERIAL COLOCA MATERIAL EN CAJA AZUL	16	17	15	16	15	17	15	17	18	17	15	15	17	17	18	15	18	18	16		
3	MP: TOMA CAJA AZUL COLOCA CAJA AZUL EN PALLET	6	7	7	8	6	6	7	8	7	8	8	7	8	7	7	6	6	7	7	8	
4	MP:																					
5	MP:																					
6	MP:																					
7	MP:																					
8	MP:																					
9	MP:																					
10	MP:																					
11	MP:																					
12	MP:																					
13	MP:																					
14	MP:																					
15	MP:																					
16	MP:																					
17	MP:																					
18	MP:																					
19	MP:																					
20	MP:																					
21	MP:																					
22	MP:																					
23	MP:																					
24	MP:																					
25	MP:																					
26	MP:																					
27	MP:																					
28	MP:																					
29	MP:																					
30	MP:																					
TIEMPO CICLO(CT)																						
TIEMPO CICLO SIN ESPERA																						
OBSERVACIONES		f g h j k l																				

ANEXO 3 Intervalo para la cantidad de cajas/turno

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \hat{p}\hat{q}}{e^2}$$

$$n = 78.4 \sim 79$$

155	282	326	390	414	431	477	515
221	286	333	392	415	432	478	521
225	303	339	394	418	433	485	522
230	309	343	400	419	436	489	532
236	312	350	402	420	440	498	535
263	312	351	404	421	440	498	538
266	315	352	407	425	446	499	548
268	317	357	408	426	459	501	568
272	317	367	410	428	463	503	614
282	324	381	412	429	475	511	

Columna1			
Media	398.924051	Coeficiente de asimetría	-0.21633814
Error típico	10.5669036	Rango	459
Mediana	412	Mínimo	155
Moda	282	Máximo	614
Desviación estándar	93.9206938	Suma	31515
Varianza de la muestra	8821.09672	Cuenta	79
Curtosis	-0.3936136		

Estimación de la media

$$\hat{p} - Z_{\alpha/2}^2 \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}} < P < \hat{p} + Z_{\alpha/2}^2 \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$$

$$0.58 - 1.96 \sqrt{\frac{0.58 * 0.42}{79}} < P < 0.58 + 1.96 \sqrt{\frac{0.58 * 0.42}{79}}$$

$$0.47 < P < 0.68$$

ANEXO 4 Demanda de cajas azules para cada ruta

Azul	275	323	356	293	385	361	317	409	421	362	314	324	271	238	294	200	235						
	294	330	362	273	125	86	254	157	296	349	332	417	279	395	326	434	430	79					
	297	387	389	100	327	310	290	305	375	269	348	364	293	372	371	358	365	307	315	278	191	386	252
Verde	242	261	196	281	285	319	323	308	339	266	366	296	306	257	276	280	252						
	305	184	197	298	320	304	256	269	188	318	329	345	262	282	320	299	200	252					
	315	301	193	27	243	246	348	178	228	158	324	337	308	202	244	223	236	216	301	223	235	275	206
Amarilla	387	361	283	377	376	394	408	331	431	415	441	407	374	362	366	167	230						
	335	410	246	415	416	466	315	368	305	418	393	395	476	411	255	398	453	269					
	298	415	374	196	435	435	422	462	139	328	380	403	425	331	146	328	296	361	364	278	382	355	382
Naranja	316	425	402	364	397	375	298	390	461	392	417	459	384	310	303	272	440						
	322	278	380	433	240	161	280	192	234	360	459	468	332	252	419	398	379	292					
	280	342	413	197	423	359	340	289	366	274	388	457	358	341	239	343	299	314	403	269	343	342	263

ANEXO 5 Intervalos de confianza para la demanda de cajas azules de cada ruta

Para estimar los intervalos de confianza de la demanda de cajas azules se utilizó la media muestral como estimador, a partir de la fórmula:

$$\bar{x} - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x} + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

En la siguiente tabla se presentan los resultados.

Ruta Azul		Ruta Amarilla	
Promedio	308	Promedio	358
desviación	82	desviación	78
z	1.96	z	1.96
n	58	n	58
min	286	min	338
max	329	max	379
Ruta Verde		Ruta Naranja	
Promedio	265	Promedio	344
desviación	59	desviación	74
z	1.96	z	1.96
n	58	n	58
min	249	min	325
max	280	max	363

ANEXO 6 Demanda de cajas azules para cada número de parte: ruta azul

Número de parte	Suma	Promedio	Proporción	Desviación
1060307X	1573	32	0.105940194	9.834558323
15-07580-0	1408	32	0.094827586	8.675010891
DL186-009500	1112	24	0.074892241	9.766847206
15-06914-6	1046	23	0.070447198	7.824277837
15-09615-2	1020	22	0.068696121	9.5505859
3120180000	863	20	0.058122306	7.281402759
3120169000	683	16	0.045999461	5.786722497
15-06386-9	495	12	0.033337823	6.726488281
15-09661-9	404	9	0.027209052	4.103727538
15-09660-7	388	9	0.026131466	4.891034883
15-06363-4	370	10	0.024919181	5.108039104
15-07854-0	357	9	0.024043642	6.179501179
15-09677-6	341	8	0.022966056	3.677236376
1099158X	330	8	0.022225216	3.605551275
25-07585-0	323	9	0.021753772	6.966667337
15-10048-0	318	8	0.021417026	4.223626924
1099164X	311	7	0.020945582	4.257732123
DL241-009764	305	13	0.020541487	6.621022932
15-07853-8	293	10	0.019733297	6.343415189
15-10504-0	272	7	0.018318966	3.114893915
15-05700-0	249	5	0.016769935	2.825094586
15-09827-8	233	7	0.015692349	3.446591301
1099163X	231	8	0.015557651	3.812411672
15-08987-7	221	9	0.014884159	5.86003413
15-07730-0	218	8	0.014682112	7.917524368
1057326X	200	5	0.013469828	1.981948131
1059256X	195	7	0.013133082	4.400235103
DL180-003740	185	5	0.012459591	3.176859609
DL186-009870	185	12	0.012459591	7.0613384
15-08777-5	174	8	0.01171875	2.889260474
15-09588-7	142	3	0.009563578	1.831632618
DL180-002283	97	4	0.006532866	1.991134196
15-08105-3	70	3	0.00471444	3.226005986
15-08184-5	58	2	0.00390625	1.612900888

ANEXO 6 (Continuación)

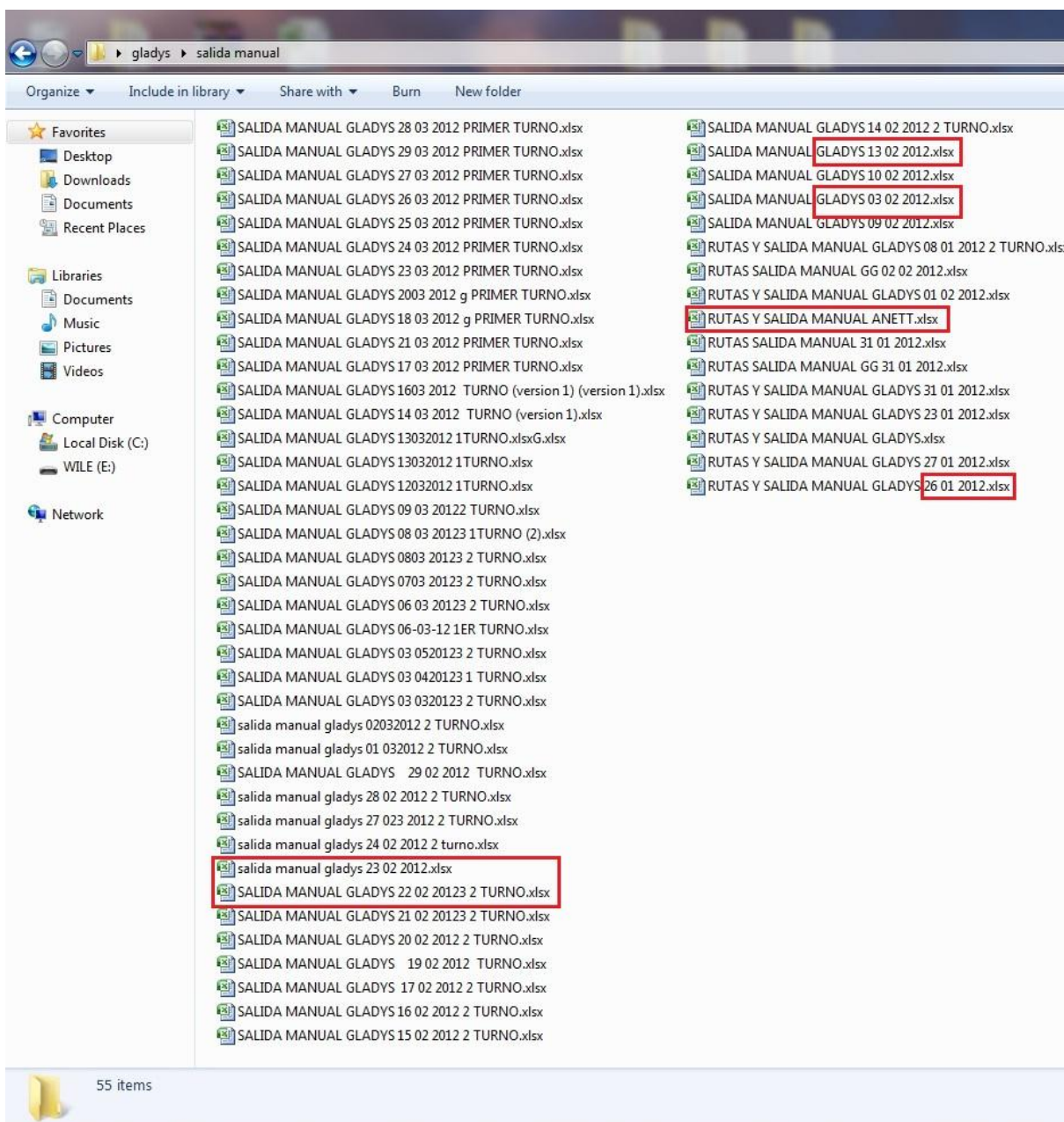
Número de parte	Suma	Promedio	Proporción	Desviación
15-08985-3	54	5	0.003636853	3.3601948
15-07236-0	49	49	0.003300108	
WW04544HT	24	1	0.001616379	0.410391341
15-09823-9	13	4	0.000875539	1.527525232
15-02401-4	12	1	0.00080819	0.421637021
3120180100	10	3	0.000673491	1.154700538
1080631X	10	5	0.000673491	1.414213562
15-06267-8	3	3	0.000202047	
15-20474-4	3	2	0.000202047	0.707106781
3120192800				
15-06269-1				
15-07581-1				
15-07582-3				
15-09287-8				

ANEXO 7 Formatos que se usa actualmente para el control de entradas y salidas


ENTRADA	SALIDA	RUTA	CANT. HOJA	CANT. REAL	FIRMA	No. DE PARTE	LP
18:57	18:58	Verde	200	200	Angel	TIF2A03900	L242210
18:59	19:00	Verde	200	200	Angel	DL-053-019960	L241988
19:01	19:02	Azul	7	7	Damian		
19:03	19:04		225	225	Luis A.	15-06370-3	L239278
19:06	19:07		200	200	Angel	TIF2A03900	L242216
19:09	19:10	Azul	10	10	Damian		
19:13	19:14		200	200	Luis A.	1083307X	L241465
19:15	19:16		54	54	Angel	DL-126-057874	L242853
19:20	19:21		48	48	Luis A.	DL-209-060551	L241793
19:20	19:21		48	48	Luis A.	DL-209-060551	L241796
19:21	19:22	Verde	18	18	Fco.		
19:27	19:28	Azul	5	5	Damian		
19:30	19:31	Amarilla	35	35	Gerardo		
19:35	19:36		1	1	Angel	106887X bolses	L242189
19:40	19:41	Naranja	30	30	Norberto		
19:45	19:46		200	200	Angel	DL-209-022047	L240331
19:53	19:53	Azul	7	7	Damian		
19:53	19:54	Azul	3	3	Damian		
20:10	20:10		48	48	Angel	DL-209-060551	L239717
20:11	20:11		200	200	Angel	DL-209-022047	L241758
20:12	20:12	Verde	2	2	Fco.		
20:15	20:16	Naranja	21	21	Norberto		
20:16	20:17		200	200	Angel	TIF2A03900	L242216
20:17	20:18	Azul	16	16	Damian		
20:20	20:20	Amarilla	35	35	Gerardo		
20:25	20:25		48	48	Luis A.	DL-209-060551	L241800
20:25	20:26		48	48	Luis A.	DL-209-060551	L241800
20:46	20:47		48	48	Angel	DL-209-060551	L241800
20:47	20:48		48	48	Angel	DL-209-060551	L241800
20:49	20:50		200	200	Angel	DL-209-015826	L241691

6:23	6:25		225	225	Isidro Garcia	15-06370-3	L242977
6:25	6:26		620	620	Fco. Galvez	1010749X	L241123
6:30	6:31		200	200	Isidro Garcia	3120180400	L240660
6:40	6:42		150	150	Isidro Garcia	3120180700	L240887
6:42	6:43	Verde	12	12	Carlos D.		
6:50	6:51		150	150	Isidro Garcia	1109425X	L242716
7:10	7:11		8	8	Fco. Galvez	338X	
7:15	7:16	Verde	26	26	Carlos D.		
7:17	7:19	Amarilla	12	12			
7:20	7:21		225	225	Isidro G.	15-06370-3	L239272
7:25	7:26	Naranja	24	24	Carlos		
7:30	7:31	Verde	8	8	Damian		
7:31	7:32	Verde	2	2	Isidro G.		
7:45	7:46	Verde	4	4	Damian		
7:47	7:48	Naranja	8	8	Carlos		
7:50	7:51		48	48	Isidro	DL-209-060551	L241801
8:00	8:01		1	1	Fco. Galvez	15-02923-5	L242328
8:02	8:03		2	2	Fco. Galvez	15-02923-5	L242330
8:03	8:04	Verde	7	7	Damian		
8:04	8:05		1	1	Fco. Galvez	1502923-5	L242332
8:40	8:41		21	21	Carlos		
8:50	8:51		48	48	Isidro	DL-209-060551	L241801

ANEXO 8 Nomenclatura utilizada para asignar el nombre a los archivos en que se registran las entradas y salidas de material



ANEXO 9 Formato para el registro de salida de material de la ruta azul

 RUTA AZUL											
HR SALIDA											
PARTE											
3120169000	4										
3120180000	4	4									L301318
3120180100											
1057326X	2										
1059256x		2									
1060307X	6	10									
1080631X											
1099158X		1									
1099163X											
1099164X											
15-02401-4											
15-05700-0	2										
15-06267-8											
15-06269-1											
15-06363-4	4	6									L300942
15-06386-9	4	2									
15-06914-6											
15-07236-0											
15-07580-0	6	6									
15-07581-1											
15-07582-3											
15-07730-0											
15-07853-8											
15-07854-0		5									
15-08105-3		2									
15-08184-5											
15-08777-5											
15-08985-3											
15-08987-7											L300116
15-09588-7											
15-09615-2		5									
15-09660-7		2	1								
15-09661-9		2									
15-09677-6		2	1								
15-09823-9											
15-09827-8		2	3								
15-10048-0											
15-10504-0											
15-20474-4											
25-07585-0											
DL180-002283											
DL180-003740		2									
DL186-009500											
DL186-009870											
DL241-009764		6	5								
WW04544HT											

ANEXO 10 Formato de control diario de traspaleo

FORMATO DE CONTROL DIARIO DE TRASPALAO										
NOMBRE DE TRASPALAO: Isabel Palafex		TURNO: 2		FECHA: 18/06						
No. DE PARTE	TOTAL DE PIEZAS EN EL PALLET	PZAS. X CAJA	TOTAL DE CAJAS	SORBANTES	PROVEEDOR	SERIAL	MFG SHIP DATE	LOT. NO.	CONTENEDORES LP	LP
10804 62 X	500	2-20	32	14		300332575			1275507	
11104 54 X	340	2-10	34			22100626			1303042	
11109 54 X	346	2-10	34			22097325			1301468	
1084503 X		2-23	10			00000057			1300743	
1192603 X	2500	1-20	34			20000046			1302167	
15-081970	6500	2-50	28			4763068			1302224	
15-0735 2-4	1200	2-35	34			60000276			8LP	
15151-00208 1495		2-	20	33		010382292			229555	
081970						014			1302272	
14071666-000 540		3-8	67	4						
15-081970-2 776		5-30	26	27		1002344677				
