

OPTIMIZACION DEL ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO  
EN ROLLOS DUROS DE PAPEL PARA LA EMPRESA  
PAPELES DEL CAUCA S.A.

JULY LORENA BEDOYA IBARRA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCION  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2007

OPTIMIZACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO SEMIELABORADO  
EN ROLLOS DUROS DE PAPEL PARA LA EMPRESA  
PAPELES DEL CAUCA S.A.

JULY LORENA BEDOYA IBARRA

Pasantia para optar al título de Ingeniero Industrial

Director  
**LUÍS ALFONSO GARZÓN**  
Ingeniero Industrial

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCION  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2007

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Industrial

Ing. LUIS ALFONSO GARZON  
Director

Santiago de Cali, 01 de Febrero de 2007

A Dios, por haberme brindado la oportunidad de formarme como persona y como profesional, por darme siempre la fortaleza para salir adelante y alcanzar las metas propuestas.

A mi madre, por creer en mí, por su perseverancia y motivación, por su continuo esfuerzo para hacer de mí una excelente persona.

A mi novio que levantó el ánimo y me tendió su mano en los momentos que parecía que iba a desfallecer.

A mis hermanos por su apoyo incondicional y comprensión.

A mis compañeros de estudio por su constante ayuda, por su paciencia y la amistad que me brindaron en el transcurso de este largo proceso de formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Simout S.A., y Papeles del Cauca S.A. por abrirme sus puertas y enseñarme nuevas cosas, especialmente a las directivas por ofrecerme todos los medios para realizarme profesionalmente, a mi universidad por proveerme de conocimiento y herramientas de aprendizaje, a mi madre por creer en mis capacidades y por brindarme su apoyo, a mi asesor de tesis por su apoyo y ayuda desinteresada, y a la persona que me permitió día a día atravesar las inmensas barreras, Dios.

MIL GRACIAS A TODOS.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>15</b>
<b>1. FORMULACION DEL PROBLEMA</b>	<b>16</b>
<b>2. JUSTIFICACION</b>	<b>18</b>
<b>3. ANTECEDENTES</b>	<b>19</b>
<b>4. OBJETIVO</b>	<b>29</b>
<b>4.1 GENERAL</b>	<b>29</b>
<b>4.2 ESPECIFICOS</b>	<b>29</b>
<b>5. MARCO TEORICO</b>	<b>21</b>
<b>5.1 DEFINICION DE ALMACENES</b>	<b>21</b>
5.1.1 Función de los almacenes	21
5.1.2 Distribución de almacenes	22
<b>5.2 MEDIDAS DE PREVENCION EN EL DISEÑO Y MONTAJE DEL ALMACEN</b>	<b>23</b>
5.2.1 Estabilidad	23
5.2.2 Pasillos de circulación y de servicio	24
5.2.3 Pasillos entre estanterías	24
5.2.4 Señalización	25
<b>5.3 TECNICAS DE ALMCENAMIENTO DE MATERIALES</b>	<b>25</b>
5.3.1 Técnica de almacenamiento por carga unitaria	26

5.3.2 Técnica de almacenamiento por cajas o cajones	26
5.3.3 Técnica de almacenamiento por estanterías	26
5.3.4 Técnica de almacenamiento por columnas	27
5.3.5 Técnica de almacenamiento por apilamientos	28
5.3.6 Técnica de almacenamiento por contenedores flexibles	28
<b>5.4 CONDICIONES GENERALES PARA UN LUGAR DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>28</b>
<b>5.5 SISTEMA DE MANEJO DE MATERIALES</b>	<b>30</b>
5.5.1 Definición de los sistemas de materiales	30
5.5.2 Principios de desarrollo del sistema	31
5.5.3 Clasificación del equipo	32
5.5.4 Factores que intervienen en la selección del equipo	34
5.5.5 Confiabilidad del equipo	37
5.5.6 Comparación del equipo	38
5.5.7 Equipo de manejo de materiales a granel	45
5.5.8 Manejo en vía fija, por paquetes, por partes o por unidades	47
5.5.9 Sistemas de vehículos motorizados	53
5.5.10 Sistemas de vía fija montados sobre rieles	58
5.5.11 Surtido de pedidos	59
5.5.12 Herramientas para manejar materiales	60
<b>5.6 CONDICIONES GENERALES DEL MANEJO DE MATERIALES</b>	<b>61</b>
<b>5.7 REDUCCION DE TIEMPO EN EL MANEJO DEL MATERIAL</b>	<b>61</b>

<b>5.8 PRINCIPIOS BASICOS PARA LA MANIPULACION DE LOS MATERIALES</b>	<b>64</b>
<b>5.9 SEGURIDAD EN LA MANIPULACION DE LOS MATERIALES</b>	<b>65</b>
<b>5.10 COSTOS DE MANTENER EL INVENTARIO</b>	<b>68</b>
5.10.1 Costos por arreglos o negociaciones	68
<b>5.11 GRAFICAS DE RECORRIDO</b>	<b>71</b>
5.11.1 Planeación sistemática de la distribución de Muther	72
5.11.2 Distribución de planta asistida por computadora	76
<b>6. DIAGNOSTICO DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>78</b>
<b>7. RESULTADOS</b>	<b>86</b>
<b>8. PARTICIPANTES</b>	<b>106</b>
<b>9. METODOLOGIA</b>	<b>107</b>
<b>10. PRESUPUESTO</b>	<b>109</b>
<b>11. CONCLUSIONES</b>	<b>110</b>
<b>12. RECOMENDACIONES</b>	<b>111</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>113</b>



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Frecuencias de 23 referencias que se movieron en el mes	69
Tabla 2. Frecuencias definitivas de las referencias fabricadas y posteriormente almacenadas como producto en proceso	69
Tabla 3. Frecuencias de producción de bobinas en un mes ordenadas en forma descendente	72
Tabla 4. Medidas totales desde la máquina TM a cada uno de los lotes de Almacenamiento	73
Tabla 5. Análisis de la capacidad de almacenamiento	74
Tabla 6. Movimientos totales ordenados por su porcentaje con relación al total	83
Tabla 7. Sugerencia de la distribución en lotes y las respectivas Referencias	92

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Control a esfuerzos horizontales	12
Figura 2. Pasillos de circulación y de servicio	13
Figura 3. Estructura de una estantería	16
Figura 4. Concepto de comparación de la razón Transacción / Inventario	33
Figura 5. Equipo típico de transportación de materiales a granel	36
Figura 6. Equipo típico transportador de paquetes	37
Figura 7. Sistemas de manejo de unidades voluminosas	41
Figura 8. Montacargas de carga frontal para pasillos estrechos	43
Figura 9. Montacargas de carga frontal para pasillos estrechos (Continuación)	44
Figura 10. Casetas típicas de montacargas para pasillos angostos	45
Figura 11. Equipo mecanizado de cabina elevada para almacenamiento	46
Figura 12. Equipos para surtir pedidos	47
Figura 13. Equipos para manejo de materiales y muebles para almacenar	48
Figura 14. Costos en control de inventarios	49
Figura 15. Gráfica de recorrido	58
Figura 16. Diagrama de relaciones	60
Figura 17. Tamaño y peso de rollo duro	64
Figura 18. Espacio reducido en los apilamientos de los rollos	69

Figura 19. Pernos salidos de la llanta trasera	70
Figura 20. Maltrato de rollos con pernos del montacargas	70
Figura 21. Esquema general de los lotes distribuidos en la bodega	73
Figura 22. Gráfica de recorrido para la bodega de Papeles del Cauca S.A.	76
Figura 23. Diagrama de relaciones general para todas las cuatro Referencias	77
Figura 24. Diagrama de relaciones de la Ref. 43010746 con ponderación del 53%	78
Figura 25. Diagrama de relaciones de la Ref. 43010757 con ponderación del 12%	79
Figura 26. Diagrama de relaciones de la Ref. 43010725 con ponderación del 11%	80
Figura 27. Diagrama de relaciones de la Ref. 43017232 con ponderación del 9%	81
Figura 28. Diagrama de relaciones total ponderada de las distancias de almacenamiento	82
Figura 29. Tanteo de la distribución de los lotes de almacenamiento con sus respectivas referencias por medio de hexágonos	92

## ANEXOS

Pág.

Anexo A. Plano donde se divisa la bodega de producto semielaborado en Papeles del Cauca S.A.

99

## RESUMEN

La empresa Papeles del Cauca S.A. empresa filial de la multinacional KIMBERLY CLARK COLPAPEL se dedica a la producción y exportación de papel higiénico, toallas higiénicas, toallas de mano, toallas de cocina, servilletas desechables, papel higiénico institucional y materia prima para la producción de pañales entre otros, el proyecto se desarrolla para área de almacenes de producto semielaborado y específicamente se estudia el desplazamiento desde la máquina productora de papel Tissue Machine hasta el la bodega de semielaborados y junto con las condiciones de almacenamiento que presenta.

El presente trabajo tiene como objetivo general establecer el mejor almacenamiento de papel en rollos teniendo en cuenta los factores que determinan el suministro oportuno, como el espacio de almacenamiento, calidad y cantidad de material a manipular y la operación de transporte con montacargas, para lograrlo se utiliza la herramienta de Planeación Sistemática de la Distribución de Muther muy aplicada comúnmente para la óptima ubicación de máquinas en distribuciones de planta. En este estudio la herramienta determinó la mejor forma de distribuir los lotes de almacenamiento de la bodega con sus correspondientes referencias dependiendo de la mayor frecuencia de transferencias que tenía cada una. El proyecto es complementado con una investigación de conceptos relacionados con los almacenes y el manejo de materiales y que dan respuesta a consideraciones que se deben tener en cuenta para el diagnóstico de almacenamiento que se desarrolla en Papeles del Cauca, estos temas fueron estudiados a fondo en el marco teórico del presente trabajo.

El proyecto propone el uso de la herramienta para dar solución a los inconvenientes que se presentan por falta de espacio en el almacenamiento,

eficiencia en la búsqueda de las referencias, manipulación y transporte de los rollos con los montacargas, disminución de riesgo de accidentalidad en la zona, y la tranquilidad para los operadores de los montacargas en el momento de ejecutar su tarea. La teoría genera una idea de las condiciones ideales de los almacenes.

El tipo de estudio empleado corresponde a una metodología sistemática que inicia desde la obtención de los hechos y la información cuantitativa que se pueda extraer, posteriormente realizar un análisis de los datos obtenidos, luego presentar el método más indicado y finalmente implementarlo.

Los resultados obtenidos con este trabajo permitieron conocer el panorama general de factores de riesgos del macro y microentorno que afectan los procesos operativos de Papeles del Cauca S.A.

## INTRODUCCION

La empresa PAPELES DEL CAUCA S.A. (PDC) empresa filial a la compañía KIMBERLY CLARK COLPAPEL cuya planta esta ubicada a 200Km del puente del hormiguero vía Cali puerto Tejada dedicada a la producción de papel higiénico doméstico e institucional, toallas higiénicas, toallas de cocina, servilletas desechables, toallas de mano, materias primas de pañales (papel absorbente), etc. Exportadora de rollos duros de papel a otras plantas de conversión ubicadas en otros países (Perú, Ecuador, Puerto Rico).

En PDC se producen principalmente las marcas SCOTT Y KLEENEX en papel higiénico, servilletas y toallas de mano.

En el presente estudio se aplicaran técnicas de almacenamiento seguro y distribución en planta para encontrar las condiciones óptimas, de un trabajo seguro y de calidad.

El proyecto consiste en estudiar el área de almacén de suministros semielaborados, importante y vital en el proceso de la elaboración del papel. Este proceso incluye el transporte con montacargas del rollo de papel desde la maquina que lo produce Tissue Machine (TM) hasta que es llevado a su almacenamiento, aquí es clasificado en lotes según la referencia y posteriormente transportado a las máquinas de fabricación del producto final dichas máquinas son las siguientes: Sincro1 y Sincro2 (produce higiénicos de alto y bajo metraje), Perini 800 (produce papel higiénico, toalla de mano y cocina), Qualyrap, Casmatic, BFA, Qualyflex 1 y 2 (máquinas de empaque), Rebobinadora 1 y 2 (convierten los grandes rollos en fardos, bobinas de menor tamaño en forma de quesos). Jumbera (produce papel institucional para baños).

## **1. FORMULACION DEL PROBLEMA**

Para todas las compañías de clase mundial como KIMBERLY CLARK COLPAPEL es importante identificar problemas y aplicar mejoras en el curso de sus procesos de producción y distribución para darle continuidad a la eficiencia en la fabricación, logre sus objetivos y metas estratégicas y continúe su posicionamiento en el mercado mundial.

El problema a tratar en el siguiente proyecto se concentra en la bodega del área de semielaborados cuyo proceso principal es el abastecimiento oportuno de rollos de papel a todas las máquinas de conversión 1 para evitar los tiempos perdidos en producción por falta de rollos y las máquinas continúen el proceso de fabricación del producto final, esta tarea debe ir registrada en el documento de control de entregas de cada máquina realizada por los mismos operadores de las montacargas que ejecutan el transporte.

Los operadores de las montacargas son responsables de llevar los rollos fabricados en la máquina TM hasta la bodega de almacenamiento y dependiendo de la programación de producción de las maquinas de conversión 1, deben alimentarlas con los rollos almacenados en bodega.

Existen problemas que impiden el adecuado transporte y almacenamiento de rollos duros con las montacargas, las causas son generadas por las condiciones actuales de espacio en la bodega, manejo del material, asignación de lotes para cada referencia y seguridad en la operación.

Como en todo proceso se requiere tener controlado las anomalías generadas en la operación y seguir el curso normal las actividades.



Se detectó con el diagnóstico de almacenamiento los efectos generados en los que se encuentra: reportes hechos por los supervisores donde informan que existe un clima laboral tensionante, el personal se queja por la excesiva carga laboral, existe reducción de espacio en bodega, desconcentración, incremento en la accidentalidad, maltrato de materiales, violación a los procedimientos y uso inapropiado de los equipos.

## **2. JUSTIFICACION**

El presente estudio busca aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad y en la experiencia obtenida en la fase practica al desempeñar funciones en el área de mantenimiento (movimientos con montacargas) relacionada con los procesos de transporte de rollos, almacenamiento y distribución de bodega con el fin de aportar a la productividad de Papeles del Cauca S.A. además el desarrollo de este proyecto me permite como estudiante afianzar lo aprendido en mi carrera.

La decisión de aplicar en el proyecto conceptos de almacenamiento y distribución de bodegas obedece a la necesidad de control y eficiencia del proceso de abastecimiento de producto en una compañía multinacional en donde el mercado le exige cada vez más calidad y servicio.

Con este proyecto se van a obtener múltiples beneficios, entre los que se destacan: ahorro de producto en proceso, disminución en la pérdida de tiempos improductivos por falta de rollos, mayor disponibilidad de las montacargas, mejoramiento del clima laboral y disminución de accidentes.

Para obtener resultados es necesario conocer actualmente la forma como se esta almacenando, la distribución de la bodega y en si las condiciones laborales por la cual se ejecuta la operación de trasporte con los montacargas.

### **3. ANTECEDENTES**

Uno de los objetivos de la distribución de planta es desarrollar un sistema de almacenamiento que permita el movimiento de materiales en el menor tiempo y al menor costo y de la forma más segura.

La distribución física es un evento importante en el sistema de almacenamiento en Papeles del Cauca S.A. debido a que comprende instrucciones de operación para los operadores de los montacargas, control de inventarios, manejo de materiales, programación en el suministro de material en toda la determinación de rutas y despacho. Todos estos elementos deben integrarse con cuidado para satisfacer el objetivo establecido. Las malas distribuciones de planta dan como resultado costos importantes. Por desgracia, la mayoría de estos costos son ocultos y, en consecuencia, no es sencillo exponerlos. Los costos de mano de obra indirecta debidos a transportes lejanos, rastreas, retrasos y paros del trabajo por cuellos de botella son característicos de una planta con una distribución anticuada y costosa.

El trabajo de campo se efectuó en la supervisión del equipo de montacargas de la empresa papeles del cauca administración del personal de en la bodega de almacenamiento de producto en proceso y en el área de TM donde se desmonta y se forra la bobina una vez esta elaborado el rollo plano ubicación de las áreas a evaluar.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

- Establecer el mejor almacenamiento del papel en rollos teniendo en cuenta los factores que determinan el suministro oportuno, el desperdicio de papel y la calidad del producto.

### **4.2 ESPECIFICOS**

- Realizar un diagnostico del modelo actual de almacenamiento.
- Análisis de posibilidades de almacenamiento teniendo en cuenta pesos y volumen.
- Determinar el modo adecuado de transporte, dependiendo de las restricciones de espacio y costo.
- Establecer el manejo adecuado del material inherente al proceso teniendo en cuenta peso volumen costo y distribución.
- Planteamiento matemático que permita encontrar el método más adecuado de almacenamiento.

## 5. MARCO TEORICO

Los siguientes párrafos explican los temas más comunes relacionados con almacenes, estos brindan una idea de cómo debe ser un la distribución de almacenamiento, que ventajas brinda almacenar materias primas, productos en proceso y terminados, que tipo de transporte es el más adecuado, y las consideraciones a tener en cuenta para realizar el manejo de los materiales.

### 5.1 DEFINICION DE ALMACENES

Son aquellos lugares donde se guardan los diferentes tipos de mercancía. La formulación de una política de inventario para un departamento de almacén depende de la información respecto a tiempos de adelanto, disponibilidades de materiales, tendencias en los precios y materiales de compras, es la mejor fuente de esta información.<sup>1</sup>

5.1.1 Función de los almacenes. Existen varios tipos de almacenes según la actividad de la empresa, en Papeles del Cauca existe cuatro entre los que se encuentran de materia prima, producto en proceso, producto terminado y repuestos, en el proyecto solo se tratará lo relacionado con el tema de producto en proceso correspondiente a la Bodega de semielaborados del cual los almacenistas y/o supervisores tienen responsabilidades como:

- Garantizar que el producto almacenado mantenga cubiertos de incendios, robos y deterioros por el medio ambiente.
  
- Controlar el acceso a las personas del área a los productos almacenados.

---

<sup>1</sup> VILLALVA, Juana. Almacenes (en línea). Bogota: Definición de Almacenes, 2004. (Consultado 15 de Agosto, 2006). Disponible en Internet: [http:// www.monografias.com/trabajos12/alma/alma.shtml](http://www.monografias.com/trabajos12/alma/alma.shtml)

- Mantienen en constante información al departamento de compras, sobre las existencias reales de materia prima, producto en proceso y producto terminado.
- Monitorear que no se agoten los materiales (máximos – mínimos) para que no exista tiempos perdidos en producción por falta de material.
- Supervisar que se realicen los movimientos oportunos de suministro de producto de la bodega a las máquinas convertidoras realizado por los operadores de los montacargas.

5.1.2 Distribución de almacenes. Los almacenes son similares a las empresas manufactureras por el hecho de que los materiales se transportan entre varios centros de actividad. Sin embargo estos representan un caso especial porque el proceso central de un almacén es el almacenamiento, no un cambio físico o químico.<sup>2</sup>

Se podría encontrar una solución para la distribución de almacenes. En virtud de que todos los recorridos tienen lugar entre la plataforma y los distintos departamentos, y no se realiza ningún recorrido entre los departamentos, podemos usar cualquiera de las dos decisiones:

- Áreas iguales. Si todos los departamentos requieren el mismo espacio, simplemente coloque en lugar más cercano a la plataforma el que genere el mayor números de recorridos; a continuación, coloque el departamento que genere el segundo mayor número de recorridos en el segundo lugar más cercano a la plataforma, y así sucesivamente.

---

<sup>2</sup> PIÑAR, Manuel. Manejo de materiales (en línea). México: Distribución de almacenes, 2003. (Consultado 05 julio de 2006). Disponible en Internet: <http://rincondelvago.com./00044595>

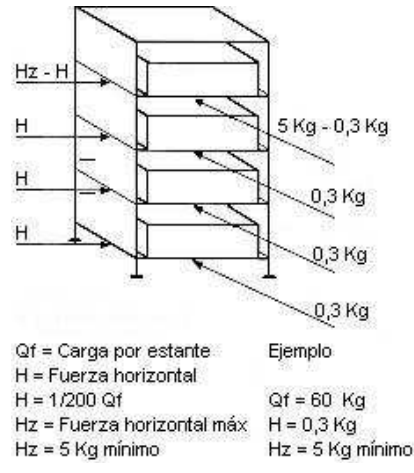
- Áreas desiguales. Si algunos departamentos necesitan más espacio que otros, asigne la ubicación más próxima a la plataforma al departamento que tenga la razón más alta de la frecuencia de recorridos entre el espacio de bloques. El departamento que tenga la segunda razón más alta ocupará el segundo lugar más próximo, y así sucesivamente.

## 5.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN EL DISEÑO Y MONTAJE DEL ALMACEN

A continuación se presentan los factores que prevalecen a la hora de implantar las medidas de prevención en el diseño y el montaje del almacén.

5.2.1 Estabilidad. La estabilidad debería estar garantizada en cualquier fase de la actividad. Esto se puede alcanzar, según la construcción, bien por medio del propio peso, bien mediante elementos que permitan la unión entre estanterías, tanto entre sí como con partes adecuadas del edificio, o con cualquier otro tipo de instalaciones que aseguren la estabilidad.<sup>3</sup>

Figura 1. Control a esfuerzos horizontales



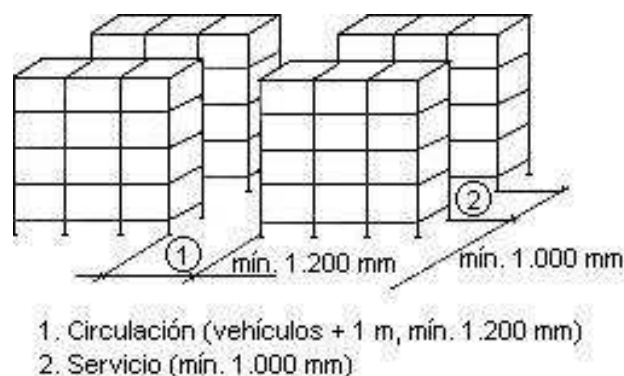
Fuente: PIÑAR, Manuel. Manejo de materiales (en línea). México: Distribución de almacenes, 2003. (Consultado 05 de Julio de 2006). Disponible en Internet: <http://rincondelvago.com./00044595>

<sup>3</sup> Ibid., p. 22.

Se deben considerar las fuerzas horizontales tanto en dirección longitudinal como en dirección al fondo, pero no actuando simultáneamente.

5.2.2 Pasillos de circulación y de servicio. La anchura de los pasillos de sentido único debería ser como mínimo el de la anchura del vehículo con carga aumentado en 1 m. En caso de circulación en ambos sentidos no debería ser inferior a la anchura de los vehículos o de las cargas aumentada en 1.40 m. La anchura mínima será de 1.20 m.<sup>4</sup> La anchura de los pasillos secundarios será como mínimo 1.00 m.

Figura 2. Pasillos de circulación y de servicio



Fuente: PIÑAR, Manuel. Manejo de materiales (en línea). México: Distribución de almacenes, 2003. (Consultado 05 de Julio de 2006). Disponible en Internet: <http://rincondelvago.com./00044595>

5.2.3 Pasillos entre estanterías. Se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- No se debe almacenar nada en los pasillos de circulación.

Para que las extremidades de los pies (parte baja de los montantes) no estén sometidas a golpes o choques, deben instalarse protecciones en los pies de las escalas o bastidores a nivel del suelo y de resistencia suficiente, fijados al suelo e independientes de sus pies según lo indicado en el apartado estabilidad. Estas protecciones han de tener formas redondeadas y carecer de aristas vivas.

<sup>4</sup> Ibid., p. 23.



- Es recomendable en los pasillos principales por los que circulan carretillas elevadoras, mantener colateralmente a las mismas y de forma diferenciada zonas de paso exclusivamente peatonal. Hay que extremar las precauciones en los entrecruzamientos de pasillos mediante señalización y medios que faciliten la visibilidad, por ejemplo espejos adecuados.
- En los pasillos de circulación en los que se crucen carretillas y/o peatones se han de extremar al máximo las precauciones.
- No circular con la carga elevada por los pasillos de circulación.

5.2.4 Señalización. Los pasillos deberían estar señalizados mediante pintura amarilla delimitando las zonas de paso y los límites de las cargas situadas sobre las estanterías.

### **5.3 TÉCNICAS DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES**

El almacenamiento de materiales depende de la dimensión y características de los materiales. Estos pueden exigir una simple estantería hasta sistemas complicados, que involucran grandes inversiones y complejas tecnologías. La elección del sistema de almacenamiento de materiales depende de los siguientes factores:<sup>5</sup>

- Espacio disponible para el almacenamiento de los materiales
- Tipos de materiales que serán almacenados
- Numero de artículos guardados
- Velocidad de atención necesaria
- Tipo de embalaje

---

<sup>5</sup> Ibid., p. 21.

El sistema de almacenamiento escogido debe respetar algunas técnicas imprescindibles de la AM. las principales técnicas de almacenamiento de materiales son:<sup>6</sup>

5.3.1 Técnica de almacenamiento por carga unitaria. Se da el nombre de carga unitaria a la carga constituida por embalajes de transporte que arreglan o acondicionan una cierta cantidad de material para posibilitar su manipulación, transporte y almacenamiento como si fuese una unidad. La carga unitaria es un conjunto de carga contenido en un recipiente que forma un todo único en cuanto a la manipulación, almacenamiento o transporte.

La formación de cajas unitarias se hacen a través de una diapositiva llamado *pallet (plataforma)*, que es un estrado de madera esquematizado de diversas dimensiones. Sus medidas convencionales básicas son 1100mm x 1100mm como patrón internacional para adecuarse a los diversos medios de transporte y almacenamiento.

5.3.2 Técnica de almacenamiento por cajas o cajones. Es la técnica de almacenamiento ideal para materiales de pequeñas dimensiones, como tornillos, anillos o algunos materiales de oficina, como plumas, lápices, entre otros. Algunos materiales en procesamiento, semiacabados pueden guardar en cajas en las propias secciones productivas las cajas o cajones pueden ser de metal, de madera de plástico.

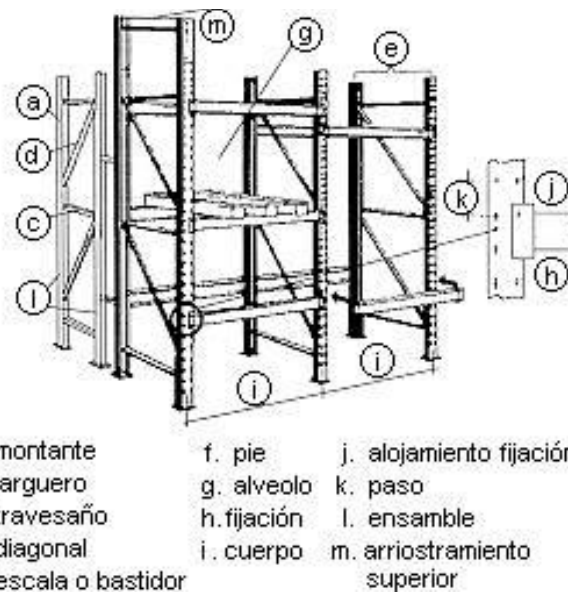
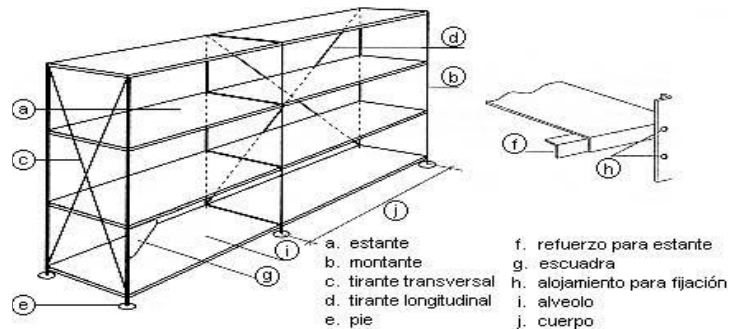
5.3.3 Técnica de almacenamiento por estanterías. Es una técnica de almacenamiento destinada a materiales de diversos tamaños y para el apoyo de cajones y cajas estandarizadas. Las estanterías pueden ser de madera o perfiles metálicos, de varios tamaño y dimensiones, los materiales que se guardan en ellas deben estar identificadas y visibles, la estanterías constituye el medio de

---

<sup>6</sup> Ibid., p. 25.

almacenamiento más simple y económico. Es la técnica adoptada para piezas pequeñas y livianas cuando las existencias no son muy grandes.

Figura 3. Estructura de una estantería



Fuente: VILLALVA, Juana. Almacenes (en línea). Bogota: Definición de Almacenes, 2004. (Consultado 15 de Agosto, 2006). Disponible en Internet: <http://www.monografias.com/trabajos12/alma/alma.shtml>

5.3.4 Técnica de almacenamiento columnas. Las columnas se utilizan para acomodar piezas largas y estrechas como tubos, barras, correas, varas gruesas, flejes entre otras. Pueden ser montadas en rueditas para facilitar su movimiento, su estructura puede ser de madera o de acero.

5.3.5 Técnica de almacenamiento por apilamientos. El apilamiento de materiales se efectúa sobre suelos resistentes, horizontales y homogéneos. La altura de los apilamientos ofrece estabilidad. En los apilamientos verticales sobre el suelo se emplean medios suplementarios de estabilidad como cadenas, separadores y calzos. Los soportes en que apilan los materiales son seguros y resistentes. Facilitan la manipulación. El apilamiento se hace ordenadamente. El almacenamiento en estanterías es seguro. Las estanterías están arriostradas. Se depositan los materiales ordenadamente. La estructura y bandejas son resistentes.

5.3.6 Técnica de almacenamiento por contenedores flexible. Es una de las técnicas más recientes de almacenamiento, el contenedor flexible es una especie de saco hecho con tejido resistente y caucho vulcanizado, con un revestimiento interno que varía según su uso. Se utiliza para almacenamiento y movimiento de sólidos a granel y de líquidos, con capacidad que puede variar entre 500 a 1000 kilos. Su movimiento puede hacerse por medio de apiladoras o grúas es muy común la utilización de técnicas de almacenamiento asociado al sistema de apilamiento de cajas o plataformas, que proporcionan flexibilidad y mejor aprovechamiento vertical de los almacenes.

#### **5.4 CONDICIONES GENERALES PARA UN LUGAR DE ALMACENAMIENTO**

Las consideraciones siguientes, de aplicación general, son importantes para tener en cuenta a la hora de almacenar.<sup>7</sup>

- La carga del piso debe ser adecuada para las condiciones más adversas.
- Los almacenes requieren ser seguros, esto es, no permitir la entrada de

---

<sup>7</sup> LOCKYER, Keith. Control de Calidad y producción Industrial. México: Alfaomega Grupo Editor, 1990. p. 398.

otro personal que no sea el del almacén.

- La impermeabilización debe ser particularmente buena, en un área de producción un techo con goteras se detecta de inmediato, mientras que en un almacén la gotera puede estar en una zona oculta que puede causar daños considerables.
- Equipo especial, ganchos, elevadores, sierras y guillotinas motorizadas pueden estar compartidos con otros departamentos.
- La estantería en los almacenes evitará el movimiento normal de aire con lo que la distribución de la temperatura se puede afectar seriamente.
- Los pasillos tienen que ser lo suficientemente anchos como para permitir la circulación de las vagonetas y los montacargas con elevador vertical y también permitir que los artículos sean retirados de los compartimientos y estantes.
- Los artículos de uso frecuente tienen que estar lo más cerca de las ventanillas de distribución.
- Los artículos pesados o voluminosos hay que almacenarlos tan bajo como sea posible.
- Los anaqueles y compartimientos no deberán ser tan profundos teniendo así un acceso fácil a la parte posterior.
- Hay que proporcionar un área de recepción donde los artículos se puedan separar y desempacar antes que distribuir.

- Es útil un área de ensamble donde todos los componentes de un trabajo particular se ensamblen previamente a su distribución.
  
- Las cintas de medir, que se empleen siempre que sea posible, se protegerán de las corrientes de aire.
  
- Es esencial un sistema de localización que haga posible conocer la posición de cualquier artículo que cambie frecuentemente de lugar. Un sistema sencillo es dar una letra de referencia a cada línea de compartimientos y numerar estos en forma consecutiva a partir de uno de los extremos.
  
- El almacenamiento es esencialmente un problema volumétrico, esto es, depende tanto de la altura como del área del piso. La altura útil puede incrementarse empleando algunos de los modernos montacargas con el elevador vertical junto con cestas especiales.

## **5.5. SISTEMAS DE MANEJO DE MATERIALES**

5.5.1 Definición del Sistema de Materiales. El “manejo de materiales” es aquella parte del sistema comercial y económico que afecta a la relación física que existe entre los materiales, productos y embalaje, con el producto, proceso, instalación, la geografía y el cliente, sin modificar la naturaleza de los productos. Desde el punto de vista de la ingeniería, el manejo de materiales se define como el arte y la ciencia que se aplican al traslado, embalaje y almacenamiento de substancias en cualquiera de sus formas. En su definición más amplia, el manejo de materiales incluye el traslado de líquidos, sólidos a granel, piezas, paquetes, unidades de carga, contenedores, vehículos y naves. En vista de la amplitud de esta actividad, casi todos los especialistas limitan la definición del manejo e materiales a los sólidos a granel, los compuestos líquidos, las piezas, los paquetes, las unidades de carga y los contenedores.

Un “Sistema de manejo de materiales” se define como una serie de elementos de equipo o dispositivos relacionados diseñados para obrar de concierto o en sucesión en el traslado, almacenamiento y control de los materiales en un proceso o actividad logística. Las características del producto y el tipo de movimiento determinan la naturaleza del sistema y el equipo de manejo de materiales. El concepto de sistema se puede aplicar al diseño del lugar de trabajo, a la operación de manufactura o procesamiento, a un departamento, a toda la fábrica o a las funciones logísticas de toda una industria.<sup>8</sup>

5.5.2 Principios de desarrollo del sistema. Para optimizar la función de manejo de materiales, primero conviene definir el objetivo de los movimientos y aplicar los principios fundamentales a la simplificación y eliminación de las maniobras. Un principio fundamental de este enfoque dice que se debe trasladar hasta el punto siguiente de utilización el mayor volumen, cantidad o unidad de material que sea posible sin soltarlo ni descomponerlo en unidades más pequeñas.

Algunas de las reglas del juego, basadas en el sentido común, se pueden expresar en esta forma:

- El manejo cuesta dinero y no aumenta el valor del producto.
- El mejor manejo consiste en no tener que manejar.
- Los materiales en tránsito deben llegar tan cerca del siguiente punto de utilización como sea posible antes de detenerse.
- Los traslados deben ser lo más directos y cortos que sean posibles.

---

<sup>8</sup> SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores. 1991. p. 383.

- Siempre que se pueda los materiales que se manejen se pondrán en posición adecuada antes de depositarlos.
- Los movimientos y operaciones de manejo se combinan o eliminan siempre que sea posible.
- Piense en la posibilidad de cambiar de sitio a los trabajadores en vez de a los materiales.
- Cuando sea factible, el manejo mecanizado debe sustituir al trabajo manual.
- Utilice los "derechos aéreos", o sea el espacio elevado, siempre que sea posible. Conviene integrar los sistemas de manejo y control de los materiales, sin permitir que los procedimientos administrativos o de control dominen a los patrones de flujo de materiales.
- Recorra a sistemas de documentación para evitar movimientos, ordenar pedidos y organizar la sucesión de las operaciones.
- Recuerde que el flujo de materiales es flujo de efectivo, que los materiales detenidos o almacenados son inventario y que el inventario paralizado cuesta dinero.

5.5.3. Clasificación del equipo. De modo general, el equipo de manejo de materiales se divide en:<sup>9</sup>

- Manejo de paquetes o unidades y
- Manejo de materiales a granel.

---

<sup>9</sup> Ibid., p. 384



Hay mucha superposición entre estas dos clasificaciones generales. Los materiales a granel se manejan con frecuencia en sacos, bultos, toneles u otros recipientes y en algunos casos los paquetes o las piezas (materiales sueltos, vaciados, partes de máquinas, etc.) se manejan sobre transportadores de banda o mediante tubos o tolvas igual que los materiales a granel.

El equipo de manejo de materiales se puede clasificar también con base en la naturaleza de la maniobra que se va a efectuar. Las maniobras se pueden clasificar como sigue:<sup>10</sup>

- Vía fija o ruta flexible.
- Intermitente o continua.
- A gran distancia o a corta distancia.
- En el interior o en el exterior.
- Vertical u horizontal.

Varios especialistas han clasificado el equipo de manejo de materiales en muchas formas diferentes. Con el fin de analizar el equipo de manejo de materiales de producción, que representa en sí mismo un segmento importante de esta área, la siguiente agrupación general a menudo resulta útil:

- Equipo de manejo en ruta fija. Este grupo comprende todos los tipos de equipo transportador de cinta, los sistemas de monorraíl y ferrocarril, los elevadores, las grúas de cucharón, las tuberías, los sistemas de ductos y otros dispositivos instalados permanentemente.
- Equipo de manejo en área limitada. En este grupo van incluidos las grúas de puente y de agujón, los sistemas de cable y brazo, las grúas de pórtico y otros

---

<sup>10</sup> Ibid., p. 384

dispositivos flexibles dentro de un área de operación permanentemente limitada.

- Equipo móvil. Este grupo comprende las carretillas elevadoras, las carretillas de correderas, los tractores y remolques, transportes mecánicos para personal y otros artefactos industriales diseñados para usarse bajo techo. También en este grupo forman parte los vehículos de patio, incluyendo grúas, montacargas, cargadores laterales, palas mecánicas, cargadores de frente, excavadoras, camiones de volteo, camiones de transporte de carga y otros vehículos exteriores.
- Herramientas de manejo de materiales y equipo de almacenamiento. Este grupo comprende las carretillas de mano, gatos manuales, vaciadores, carretillas de ruedas, rodillos, elevadores de cadena, extractores mecánicos, plataformas, rampas, básculas, cremalleras, estantes, charolas, etc.

Los métodos de clasificación son valiosos para el ingeniero industrial durante la selección del equipo de manejo porque simplifican la operación de estudiar el mercado y determinar las necesidades del proyecto. Después de definir el problema básico, el ingeniero debe establecer un conjunto general de equipo que le puede ayudar a encontrar una solución. El empleo de sistemas de clasificación ayuda a exponer las necesidades de la empresa a los proveedores y agentes de compras.<sup>11</sup>

5.5.4 Factores que intervienen en la selección del equipo. En la selección del equipo de manejo de materiales intervienen muchos factores. Entre ellos figura la aplicación o clasificación correcta del equipo, la confiabilidad del producto elegido, la economía y administración; el financiamiento, las relaciones laborales, seguridad, características de la planta, el medio y muchos otros.

---

<sup>11</sup> Ibid., p. 385

Por lo general, el costo de producción varía en proporción directa con el costo indirecto de fabricación. Gran parte de los costos indirectos van incluidos en el costo de manejo de materiales. Debido a esto, la selección del sistema adecuado de manejo de materiales debe estar basada en un análisis económico en que un tipo de sistema se compare con otro. La selección de equipo mecanizado para instalaciones industriales o de distribución normalmente se basa en las posibilidades que ofrece el equipo para:

- Reducir costos de manejo.
- Abreviar ciclos de trabajo.
- Disminuir las necesidades de inventario.
- Acelerar embarques y entregas.
- Mejorar la utilización del espacio.
- Simplificar el flujo y aumentar la eficiencia de operación.
- Reducir los daños y el desperdicio.
- Aumentar la seguridad.

En último término, la economía de la situación controla la elección del equipo. Es posible comparar las aplicaciones y costos del equipo de manejo en términos de las horas-hombre necesarias para trasladar materiales, del rendimiento de la inversión, de los gastos directos de operación de los efectos indirectos del método que se propone o de todos ellos. En la sección 9 que trata de la ingeniería económica se explican las técnicas para calcular el rendimiento de la inversión y los aspectos económicos del proyecto.<sup>12</sup>

Las operaciones de manejo se repiten a menudo y con muchas variaciones. El manejo puede estar integrado en las operaciones de fabricación, ensamble, selección, empaquetado o almacenamiento. En cada caso, si bien pueden variar la

---

<sup>12</sup> Ibid., p. 385

magnitud del movimiento o el volumen de materiales el manejo de materiales se compone de tres operaciones básicas únicamente: recoger, transportar y depositar.

Es inconcebible que un ingeniero pudiera seleccionar un tipo de maquinaria costosa que no redujera apreciablemente el costo de operación ni encajara en el medio de la instalación. Debe verificar la capacidad de carga de los pisos, las dimensiones de las puertas, la altura de los techos; la resistencia estructural, los reglamentos de la OSHA y del departamento de bomberos, así como las condiciones ambientales, los problemas que plantean los humos, la seguridad del tráfico, el suministro de energía y todas las características de ingeniería que sean factores en la selección de cada pieza del equipo. Así pues, al seleccionar equipo para una instalación que ya existe, habrá que tener en cuenta muchas características de la misma antes de elegir un determinado equipo para hacer el trabajo. A menudo, varios métodos o tipos de maquinaria pueden realizar el trabajo necesario. El estudio de la instalación es factor determinante para elegir entre los diversos métodos.

Si se tratara de hacer una lista de factores de selección, se podrían mencionar los siguientes:<sup>13</sup>

- Aplicabilidad del equipo a la solución del problema.
- Confiabilidad del equipo.
- Adaptabilidad del equipo al medio de operación.
- Inversión de capital.
- Recuperación del costo basada en el manejo económico.
- Riesgos de seguridad.
- Flexibilidad del equipo si varía la operación.

---

<sup>13</sup> Ibid., p. 386

- Aceptación por parte del trabajador.
- Aceptación por parte del supervisor.
- Complejidad de la capacitación.
- Requisitos de mantenimiento.
- Suministro de combustible o energía eléctrica.
- Disponibilidad de partes de repuesto y servicio.
- Requisitos de aplicación según los materiales.

Se podrían mencionar también muchos otros factores en casos especiales. Por ejemplo, las condiciones atmosféricas, el peligro de explosión. etc.

5.5.5. Confiabilidad del equipo. El equipo de manejo de materiales, al igual que cualquier otro producto manufacturado, presenta grados diversos de robustez, calidad y características de diseño. Cada fabricante tiene un conjunto diferente de criterios en los cuales basa las normas de diseño y fabricación. Algunos de Los criterios aplicables al análisis de confiabilidad podrían ser los siguientes:

- El empleo de componentes estándar de confianza (cojinetes, rodillos, bandas, miembros estructurales, etc.).
- Uniones seguras, ya sea que estén soldadas, atornilladas, remachadas o mediante sujetadores especiales.
- Equipo motriz de la capacidad adecuada.
- Equipo de transmisión correctamente diseñado.
- Sistemas adecuados de lubricación, o lubricantes sellados.
- El respaldo de una buena organización de servicio.
- La buena reputación del proveedor.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Ibid., p. 386

5.5.6 Comparación del equipo. Costo óptimo no implica necesariamente costo mínimo. Si dos equipos de manejo de materiales son comparables en cuanto a diseño, son igualmente aplicables al problema y recibirán servicio adecuado y competente por parte del vendedor, la selección normalmente estará basada en el precio. En este caso se compra el equipo menos costoso. Si falta cualquiera de esos factores, el precio estará en segundo lugar después de los mejores intereses de la compañía usuaria.

Cuando hacen un análisis, los ingenieros incluyen a todos los factores, por ejemplo los costos de mantenimiento, partes de repuesto, vida de servicio estimada, depreciación, ahorro en mano de obra y consumo de energía. El método más común consiste en depreciar en línea recta el costo del equipo y de su instalación y comparar con los ahorros en mano de obra que resultan de la instalación. En muchos casos se aplica un método más sencillo todavía: la inversión de capital en equipo y su instalación se divide entre la suma que se ahorra cada año gracias a la reducción de la mano de obra directa, y así se determina el número de años necesarios para recuperar la inversión. En este caso se aplica a menudo el criterio de 3 años o menos para recuperar el capital.

Cuando se consideran sistemas complejos, a veces resulta difícil definir el efecto neto del concepto propuesto en el rendimiento. En esos casos a menudo se aplican las técnicas de simulación a fin de proyectar el comportamiento y comparar las posibilidades de las proposiciones alternativas. En esos estudios con frecuencia se aplican instrumentos matemáticos tales como la teoría de colas, la simulación y la programación lineal.

La expresión general de la relación que existe entre diseño, aplicación, servicio y precio se puede repetir en esta forma: cuando los equipos que compiten ofrecen aspectos económicos similares desde el punto de vista de los ahorros en la operación y sus características comparables de diseño, se adaptan a la aplicación

requerida y están apoyadas por organizaciones competentes de servicio, la selección deberá estar basada en el precio. Si cualquiera de esos factores está ausente en uno u otro producto, el precio vendrá a ser un factor secundario, mientras que las características de operación, la capacidad de servicio y la vida útil estimada del producto constituyen la base fundamental de la selección.

Como comparar equipos aplicando el método de la relación transacción / inventario.

Para integrar los cuatro elementos primarios de costo del sistema, construcción, auxiliares de almacenamiento, mano de obra y equipo, se han desarrollado muchos métodos que permiten evaluar configuraciones alternativas del sistema mediante Tablas de comparación. El método de la razón transacción e inventario (T/I) es una manera de categorizar los costos de inventario y los relacionados con el manejo para comparar los sistemas con base en la relación entre las transacciones y el inventario. Para llevar a cabo esta comparación, las transacciones y el inventario se expresan en las mismas unidades, por ejemplo plataformas, cajas o bandejas.

Una vez que se han considerado todos los demás factores en la comparación del equipo, la decisión final se debe basar en la evaluación de los méritos relativos de rendimiento y costo. El costo real de un sistema de manejo de materiales se compone de costos de inventario y costos relacionados con el manejo. Los costos de inventario se pueden separar de los costos relacionados con el manejo (transacción) y sufren la influencia de factores tales como altura de almacenamiento, tamaño de los pasillos, espacio libre requerido y tipo de almacenamiento (armazones para plataformas, estanterías, etc.).<sup>15</sup> Los costos de mantener el ambiente (seguridad, refrigeración, aire acondicionado, etc.) son factores adicionales de costo que no dependen directamente del sistema pero se

---

<sup>15</sup> Ibid., p. 387

ven afectados por el sistema particular seleccionado y tienen que ser incluidos en toda evaluación.

Los costos que se relacionan con el manejo o transacción se modifican en cierta medida por las características del inventario y del sistema, tales como la distancia recorrida y el tiempo necesario para llegar a los niveles más altos de almacenamiento, ambos relacionados con el equipo. De modo general se puede decir que los costos de manejo se componen principalmente del salario del operador, los gastos de amortización y operación del equipo.

Si se recurre al análisis convencional de costo para definir los costos diferentes de los elementos de transacción e inventario, es posible establecer una ecuación de costo que exprese el costo anual asociado con un determinado nivel de inventario y cierto número de transacciones. Comparando las ecuaciones correspondientes a dos sistemas, en la mayoría de los casos es posible determinar un nivel de transacciones e inventario con el cual el costo anual de los dos sistemas sea el mismo.

Al hacer la comparación, se establece un conjunto de dos ecuaciones con dos incógnitas. Si se introduce un valor, sea para el inventario o para la transacción, se puede determinar el valor requerido de la variable. Si no se introducen valores específicos, puede resultar un número infinito de combinaciones transacción-inventario que igualen ambos costos anuales.

Al resolver las ecuaciones para una razón de las variables, se puede hallar una razón fija entre transacciones e inventario (T/I) capaz de mantener la igualdad del costo anual<sup>16</sup>. Entre transacciones e inventario se aplica una razón para producir una relación directa entre los factores, ya que un aumento o una disminución en el número de transacciones dará lugar al cambio correspondiente en la razón T/I. Se

---

<sup>18</sup> Ibid., p. 387



prefiere este método porque el inventario por lo general es una cantidad fija y es posible evaluar el rendimiento del sistema en condiciones de rendimiento total variable. El valor absoluto de una razón T/I está determinado enteramente por la manera de medir las transacciones. Estas se pueden medir por día, por semana, por mes o por año. Los factores más importantes del empleo del método T/I se resumen en esta forma:<sup>17</sup>

Las transacciones y el inventario se deben expresar en las mismas unidades, por ejemplo plataformas, pies cúbicos o libras. La medida preferida debe estar relacionada con el volumen (pie cúbico), puesto que la operación de manejar materiales se refiere al movimiento de cargas y no al valor ni a la densidad del producto.

El período de transacciones se puede expresar en una medida conveniente para el usuario, por ejemplo, plataformas por día o plataformas por mes. El inventario se debe expresar en las mismas unidades (plataformas en cada caso).

La razón T/I no se debe confundir con la rotación del inventario. Sólo en ciertas condiciones la razón T/I iguala realmente a la rotación del inventario. La razón T/I es una medida de movimiento de materiales relativa al tamaño de la instalación.

Todas las razones T/I que se usan en una comparación se calculan con la misma base. No se puede hacer una comparación TI usando períodos diferentes para las transacciones:

Por ejemplo, día contra semana.

En el ejemplo que se ve a continuación aparece una muestra de cálculo de razones T/I. Al calcular esas razones, resultan evidentes tres posibilidades:

---

<sup>17</sup> Ibid., p. 388

- Los costos de transacción o de inventario de los dos sistemas son iguales y la variable restante determina la selección. No hay una razón T/I posible.
- Tanto los costos de transacción como los de inventario que aparecen en una ecuación son menores que los de la otra ecuación. Un sistema es siempre menos costoso que el otro:

No hay igualdad posible y por lo tanto no hay razón T/I.

Los costos de transacción y de inventario son tales, que la igualdad es posible y se puede determinar una razón T/I.

En el ejemplo aparece un concepto gráfico de la razón T/I. Las líneas de costo del sistema  $T_1I_1$  y  $T_2I_2$  representan un sistema total del costo formado por componentes de inventario y componentes relacionados con las transacciones para los sistemas A y B respectivamente. Las líneas representan las diversas combinaciones de transacciones e inventario necesarias para producir una gama de costos. La gama de transacciones e inventario se elige a los valores requeridos por ambos sistemas para producir igualdad. Las líneas sólo se cruzarán (punto X) con una combinación de transacciones e inventario ( $T_0$  e  $I_0$ ). Esto representa el punto de igualdad en el cual el costo anual del sistema A será igual que el costo anual del sistema B.<sup>18</sup> La pendiente de la línea que partiendo del punto de origen (punto 0) pasa por la intersección de las líneas de costo (punto X) representa la razón T/I, o sea la relación entre  $T_0$  e  $I_0$ . Si la pendiente de esa línea es más pronunciada (más cercana al eje de transacciones), la razón aumenta y está más dominada por los costos de las transacciones. Si la pendiente es menos pronunciada (más próxima al eje de inventario), la razón va disminuyendo y está más dominada por los costos de inventario.

---

<sup>18</sup> Ibid., p. 388

Si se aplica este análisis a varios sistemas de diversas alturas, será posible elaborar un cuadro de clasificación que señale el sistema más conveniente para una combinación dada de inventario y transacción. Aplicando este método, se eliminan los sistemas menos convenientes en las primeras etapas del análisis y el esfuerzo se dedica a la evaluación de los sistemas restantes. Las diversas razones T/I proporcionan puntos de verificación que indican la relación entre transacciones e inventarios con la cual los costos anuales resultan iguales, así como el efecto que las variaciones en el inventario o en la actividad tienen sobre la conveniencia de ciertos sistemas.

Ejemplo: Suponga las ecuaciones de costo siguientes, de varios sistemas que operan a una cierta altura.

$$\text{Sistema A } \$10.04 I + \$63.54 T = \text{Costo anual } (A_1)$$

$$\text{Sistema B } \$10.61 I + \$65.17 T = \text{Costo anual } (A_2)$$

$$\text{Sistema C } \$ 9.58 I + \$52.48 T = \text{Costo anual } (A_3)$$

$$\text{Sistema D } \$ 9.35 I + \$64.83 T = \text{Costo anual } (A_4)$$

Entre estos cuatro sistemas se pueden hacer seis comparaciones:<sup>19</sup>

A/B, A/C, A/D, B/C, B/D, C/D

Examinando, tres de estas comparaciones (A/B, A/C, B/C) revelan que no hay punto de igualdad, puesto que un sistema siempre es menos costoso que aquel con el cual se compara. Por lo tanto no hay una razón T/I para esas tres situaciones y para todas las razones T/I las siguientes relaciones son aplicables:

El sistema A menos que el sistema B

El sistema C menos que el sistema A

El sistema C menos que el sistema B

---

<sup>19</sup> Ibid., p. 389

La comparación de los sistemas A y D revela que:

$$\$10.04 I + \$63.54 T = \$ 9.35 I + \$64.83 T$$

$$0.69 I = 2.29 T$$

$$0.30 I = T/I$$

Con una razón de  $T/I = 0.30 I$ , los costos anuales son iguales.

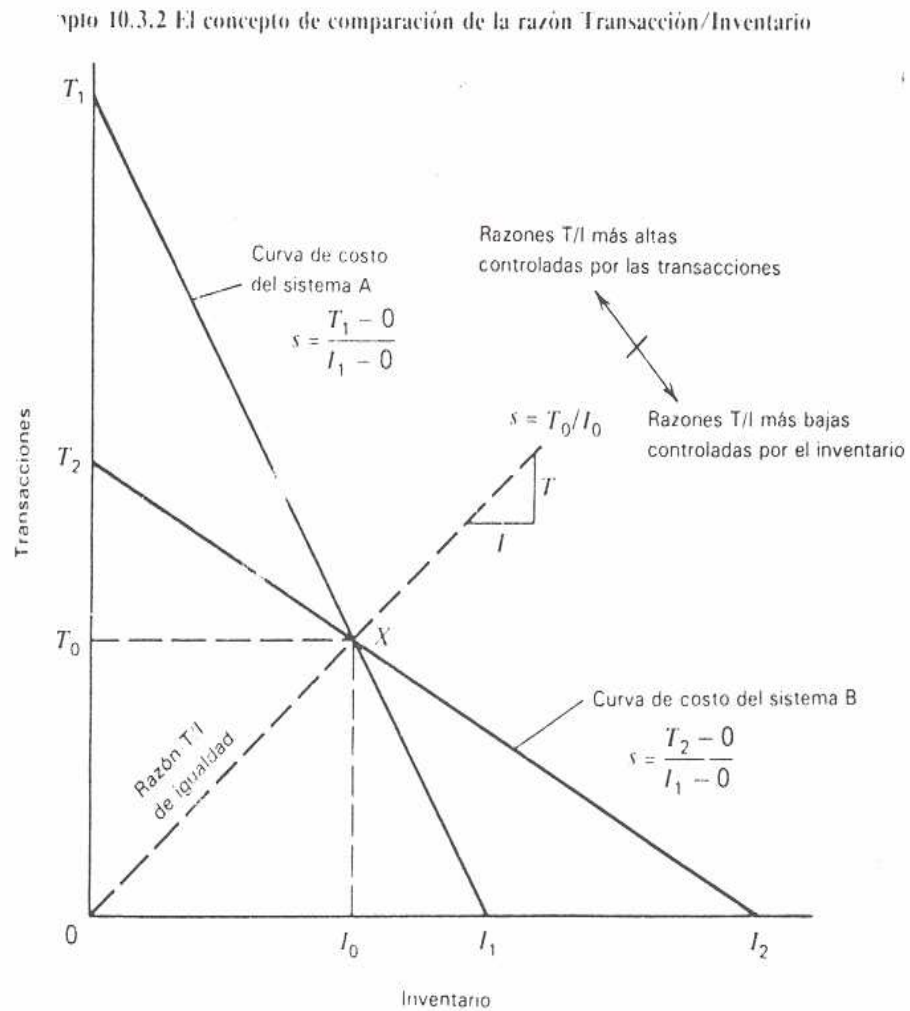
Con una  $T/I$  mayor que  $0.30 I$ , el sistema cuyo costo de transacción es más bajo es el menos costoso.

Con una  $T/I$  menor que  $0.30 I$ , el sistema cuyo inventario es más bajo es el menos costoso.

Análogamente, para los sistemas B y D,  $T/I = 1.91$  y para los sistemas C y D,  $T/I = 0.017$

5.5.7 Equipo de manejo de materiales a granel. Por definición, materiales a granel implica cualquier sustancia suelta en forma de polvo, gránulos o trozos pequeños, como por ejemplo trigo, arena o carbón. Esos materiales se pueden transportar, elevar y almacenar empleando diversos aparatos conocidos por el nombre de equipo de manejo de materiales a granel. Algunos ejemplos típicos de equipo de esa clase son las tolvas, los transportadores (de cinta, de tramos, de correa, helicoidales, etc.), elevadores de cubos, sistemas neumáticos y de vacío, transportadores de vibración, sistemas hidráulicos, montacargas y el equipo de tipo vehículo.

Figura 4. Concepto de comparación de la razón Transacción/Inventario



Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. p 389.

Las tolvas por gravedad, transportadores helicoidales y transportadores de cinta son los dispositivos más comunes para manejar materiales a granel. Los otros tipos de equipo se encuentran generalmente en los sistemas diseñados, mientras que los tres que acabamos de mencionar se encuentran disponibles también como máquinas y dispositivos unitarios en modelos portátiles o de “paquete”.

Uno de los factores críticos de la aplicación del equipo de manejo de materiales a

granel es la fluidez del material que su maneja. Los factores tales como el contenido de humedad, la fragilidad, el ángulo de reposo, la viscosidad, la abrasividad y la densidad son elementos importantes para el diseño y selección de ese equipo. Es indispensable estudiar cuidadosamente las características del producto antes de tratar de especificar los componentes del sistema.

Otro aspecto es la precisión del control. De modo general, los transportadores vibratorios y los helicoidales ofrecen las mejores posibilidades de medición y se les encuentra normalmente en aplicaciones tales como el pesado, la mezcla y los sistemas alimentadores de procesos.

Los transportadores de cinta se eligen la de las veces para operaciones de largo plazo tales como la minería y las plantas de energía que consumen carbón. El transportador de tramos es el preferido para aplicaciones en lugares calientes como las fundiciones y para el manejo de materiales pesados, aterronados, o toscos.<sup>20</sup>

Hay muchos tipos de elevadores de cubos y cada aplicación se debe diseñar para la situación específica. Se requieren diferentes sistemas de recogida y descarga así como distintas configuraciones del cubo para cada combinación de material y proceso.

Los sistemas neumáticos normalmente se emplean con materiales ligeros tales como granos, aserrín y plásticos granulados. La abrasión y el atronamiento son las características críticas del producto en la aplicación de ese equipo.

La fluidización por aire de los materiales secos para que pasen libremente es otra manera común de transportar productos granulados ligeros. En algunos casos se logra el mismo objetivo haciendo una lechada con agua o aceite y usando bombas

---

<sup>20</sup> Ibid., p. 390

y tuberías en lugar de transportadores mecánicos.

Estos son los tipos más comunes de equipo de manejo de materiales a granel. En vista de la enorme variedad de materiales, aplicaciones y diseños de equipo, es muy importante planear detalladamente cada aplicación.

5.5.8 Manejo en vía fija, por paquetes, por partes o unidades. Las aplicaciones más típicas del equipo de manejo en vías fijas se encuentran donde es preciso transportar una gran cantidad de paquetes y cargas entre dos o más puntos fijos, en un ciclo que se repite. Por lo tanto, el equipo previsto para ese propósito incluye bandas transportadoras, elevadoras, grúas, cables aéreos y cargadores de plataformas. Todos se adaptan a situaciones que impliquen grandes volúmenes, unidades de carga, productos empacados, puntos fijos y ciclos repetitivos. Los tipos básicos de transportadores de paquetes son por gravedad, de banda y de rodillos accionados.<sup>21</sup>

Gran parte de los transportadores que se utilizan en la industria funcionan por gravedad. Existen muchos tipos de transportadores y tolvas de esa clase. Los transportadores por gravedad permiten trasladar materiales sin costo de energía y constituyen un medio sencillo y económico cuando su instalación es factible. La inversión en esos transportadores es relativamente baja si se compara con la que requiere otro equipo de manejo de materiales, y el gasto por mantenimiento es insignificante. Los transportadores por gravedad pueden ser portátiles o estar instalados permanentemente.

Los principales tipos de transportadores por gravedad son de patín, de rodillos, de inclinación ajustable; mesas de transferencia, rampas y tolvas.

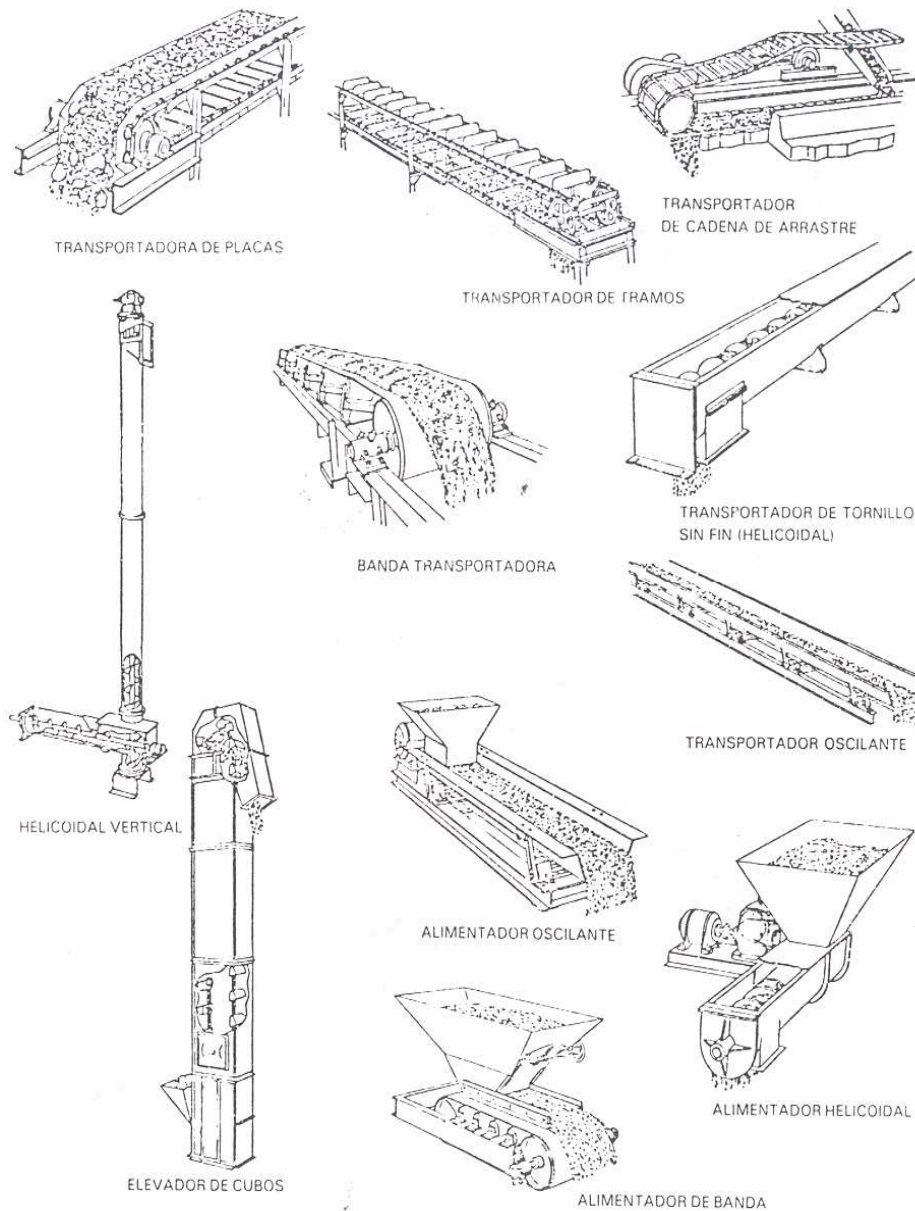
El transportador de patín se usa normalmente para objetos de base dura y

---

<sup>21</sup> Ibid., p. 391

Figura 5. Equipo típico de transportación de materiales a granel.

Ejemplo 10.3.3 Equipo típico de transportación de materiales a granel

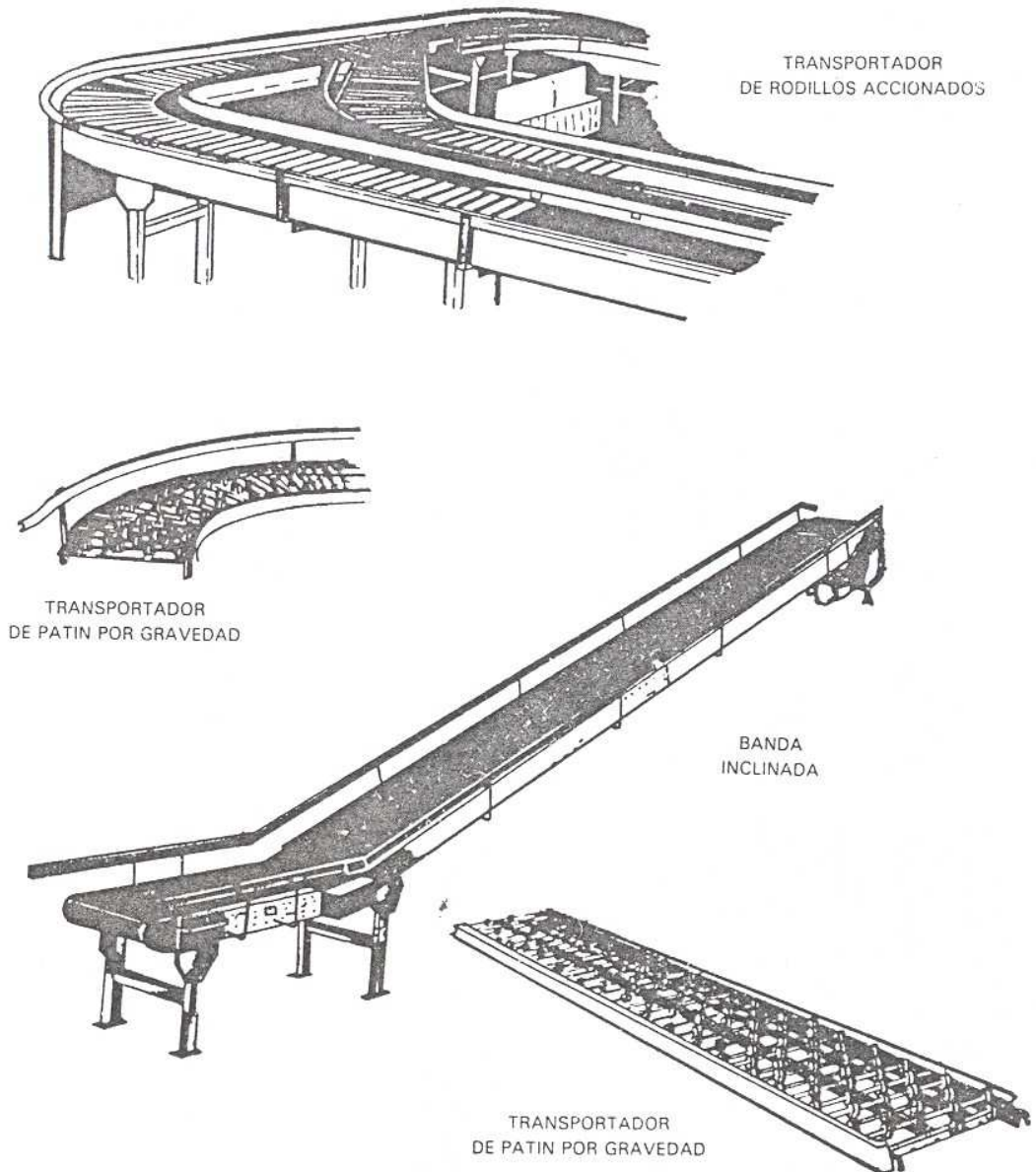


Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. p. 391.



Figura 6. Equipo típico transportador de paquetes

Ejemplo 10.3.4 Equipo típico transportador de paquetes



Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. p. 392.

uniforme. El de rodillos maneja productos similares en unidades más pesadas y de base más tosca e irregular. Se les puede dar forma de V o de U, para manejar objetos cilíndricos. Absorbe mejor los impactos y la carga transversal.

Las mesas de transferencia consisten normalmente en una serie de bolas de acero o de plástico o rodajas giratorias que permiten el movimiento y colocación multidireccionales de los productos. Se pueden usar para colocar piezas o unidades pesadas de carga, o como uniones en los sistemas de transportadores. En algunos casos, las bolas o rodajas de transferencia se montan en postes muy espaciados, de manera que los trabajadores puedan mover piezas pesadas hacia las máquinas y quitarlas de éstas mientras se desplazan entre los postes.

El transportador por gravedad puede estar equipado con desviaciones y curvas para dirigir los paquetes. A menudo se insertan propulsores para recuperar altura y se usan interruptores para modificar el recorrido.<sup>22</sup>

Los tipos más comunes de transportadores impulsados son los de banda, de rodillos accionados, de tablillas, de correa, de cadena y de tramos. Los de tablillas, de correa, de cadena y de tramos se usan normalmente para manejo de piezas pesadas en fundiciones y talleres mecánicos. El transportador de banda se encuentra en una gran variedad de tamaños, velocidades y aplicaciones en toda la industria.

El transportador de banda puede operar en pendientes de 30 grados o más, dependiendo del tamaño y forma del objeto y del tipo de superficie de la banda. Se dispone también de curvas y espirales. Las bandas pueden estar hechas de caucho, de plástico, de malla metálica y de otros materiales, dependiendo de la aplicación. Es posible trasladar verticalmente los materiales magnetizables sobre bandas provistas de apoyos imantados, mientras que las bandas de malla

---

<sup>22</sup> Ibid., p. 393

metálica funcionan en hornos y en baños químicas. En algunos casos, el ramal de retorno se usa también para transportar carga en la dirección opuesta. Una desventaja importante del transportador de banda es que, en la mayoría de los casos, no permite la acumulación, porque el producto permanece en relación estable con la superficie de la banda. Esto es conveniente en las aplicaciones reguladas constantes, pero reduce la eficacia del transportador como almacén provisional entre operaciones. Una ventaja es que puede manejar casi cualquier cosa que no sobresalga ni se pueda caer en el trayecto. Los transportadores portátiles de banda a menudo se usan para cargar y descargar vehículos. Algunos están diseñados para penetrar telescópicamente dentro del vehículo.

El transportador de rodillos accionados a menudo se impulsa por una banda que presiona contra el lado inferior del rodillo mediante rodillos tensores. En las versiones más modernas se usan bandas en V, bandas circulares y sistemas propulsores de cadena. En todos los casos, el rodillo accionado tiene la ventaja de que permite la acumulación de objetos y variar el espaciamiento y la velocidad a lo largo de la ruta. Su capacidad de inclinación es mucho más limitada que la del transportador de banda y exige que el objeto que se transporta tenga una base relativamente plana. Las curvas, desviaciones y retrancas forman parte normalmente de la mayoría de estos sistemas. Existen también unidades telescópicas para operaciones de carga de vehículos.

Las pendientes pronunciadas a veces se manejan empleando transportadores provistos de barras de empuje. En esos dispositivos, se montan dos cadenas que conectan con una serie de barras espaciadoras en una placa corrediza colocada sobre un transportador de rodillos. Las barras empujan los paquetes hacia arriba. Este equipo se puede usar también para descensos controlados.

Para mover las cargas verticalmente entre pisos y niveles de trabajo también se pueden usar elevadores oscilantes, levantadores de tijera y elevadores como parte de los sistemas transportadores.

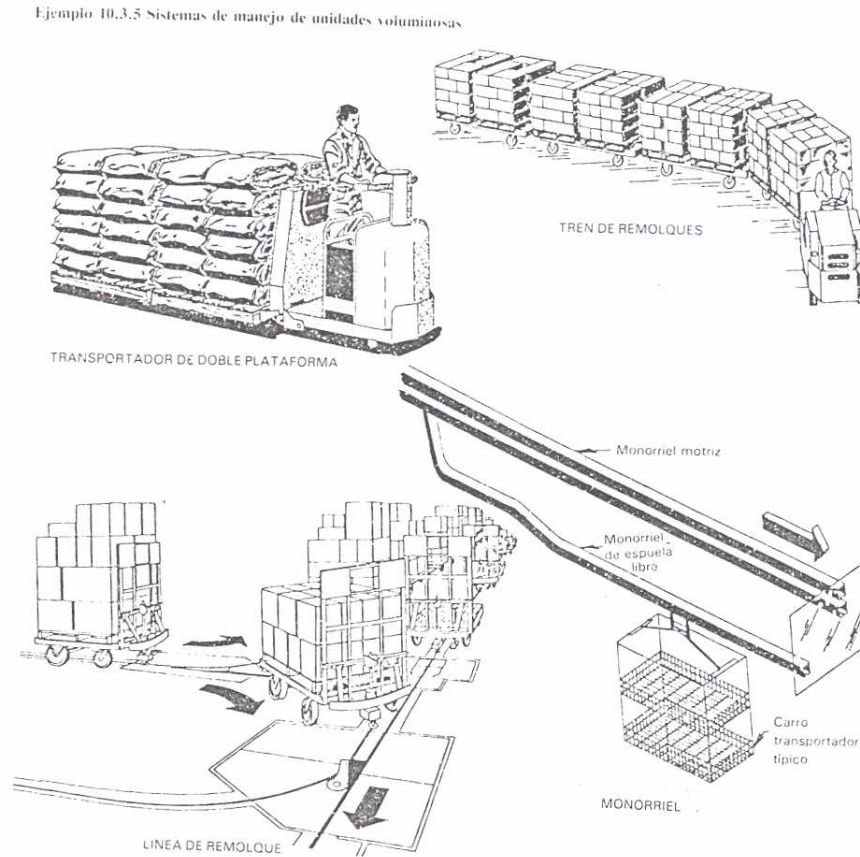
Las líricas de remolque y el transportador monorraíl son otra clase general de equipo de vía fija. En cada caso, el traslado se lleve a cabo por unidades discretas siguiendo una vía fija y con impulso constante. El monorraíl puede ser impulsado o libre y es capaz de transportar unidades al azar conectándose y desconectándose de la cadena o cable primario mediante controles automáticos programados de antemano. La línea de remolque que funciona en forma similar mediante una junta articulada que conecta con una cadena motriz situada bajo el piso. Ambos sistemas ofrecen transportación a distancia con bajo costo,<sup>23</sup> recogida y descarga al azar, control - automático de ruta, almacenamiento en ruta, posibilidad de reciclar y la eliminación de bloqueos transversales. El monorraíl ofrece también flexibilidad en rutas verticales, mientras que las líneas de remolque pueden subir rampas con inclinación hasta de 13 grados. Las carretillas también se equipan para manejo manual para operar en trenes remolcados, o para ambos fines.

5.5.9 Sistemas de vehículos motorizados. Se cuenta con una variedad casi infinita de vehículos motorizados para las operaciones de riesgo de materiales. Las muy conocidas palas mecánicas, excavadoras, los cargadores frontales.<sup>24</sup> etc., de la industria de la construcción se usan a menudo en la fabricación para manejar materiales a granel. Las formas más convencionales, los vehículos industriales se diseñan en torno del movimiento de plataformas o grandes unidades. El tractor de almacén, el transportador de plataforma y la carretilla elevadora.

---

<sup>23</sup> Ibid., p. 394

Figura 7. Sistemas de manejo de unidades voluminosas



Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. p. 394

Han evolucionado rápidamente en años recientes hasta alcanzar un grado de versatilidad casi óptimo. Al mismo tiempo, la carretilla elevadora ha alcanzado un límite temporal de capacidad.

Se encuentran disponibles tres clases básicas de carretillas elevadoras. Cada una tiene un conjunto efectivo de parámetros de operación (una envolvente de rendimiento) que se superpone pero no compete con las otras. En cada caso, la anchura de los pasillos, la altura de almacenamiento y los factores de costo del equipo son los aspectos determinantes de la aplicación.

Las carretillas elevadoras con contrapesos representan en concepto original del diseño. Esas máquinas requieren pasillos anchos (de 10 a 16 pies (3 a 5 m) con longitudes de carga de 4 pies (1.2 m) y normalmente operan hasta una altura máxima de almacenamiento de unos 24 pies (7.3 m) con cargas de 2,000 a 6,000lbs (900 a 2,700 kg). Las alturas típicas de los techos para usar estas máquinas son del orden de los 26 a los 28 pies (8 a 8.5 m). Las máquinas pueden ser impulsadas por baterías o por motores de gasolina, propaso o diesel.

El diseño convencional moderno de la carretilla elevadora para operaciones de almacenamiento y fabricación causa unidad de extensión. Estas máquinas requieren pasillos menos anchos (7 pies 6 pulgadas a 9 pies 6 pulgadas (2.3 a 3.0 m) para longitudes de carga de 4 pies (1.2 m)) y pueden manejar de 2,000 a 4,000 lbs (900 a 1,800 kg) hasta una altura de alrededor de 24 pies (7.3 m) con alturas de techo similares de 26 a 28 pies (8 a 8.5 m). Desde el punto de vista del rendimiento, la carretilla de extensión tiene las mismas características de operación de la máquina con contrapesos, con los <sup>25</sup>beneficios de una mayor economía de espacio para pasillos, menos presión de 'huella' sobre el piso y un sistema de propulsión enteramente eléctrico.

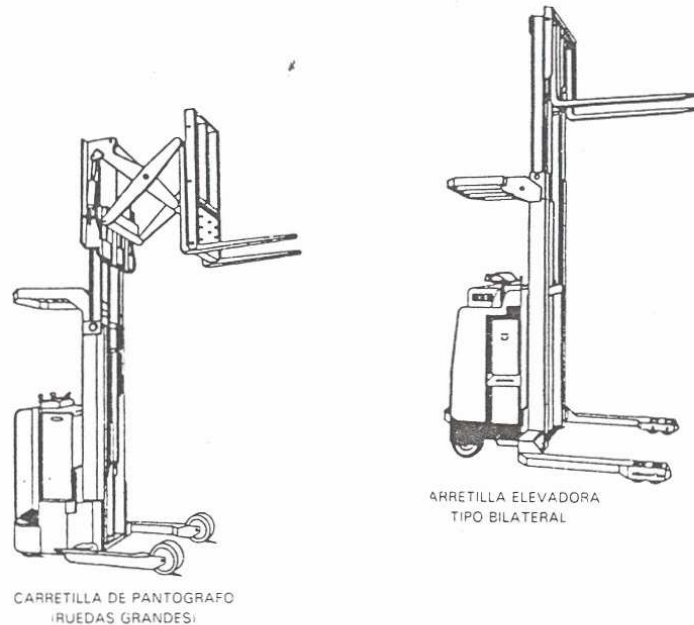
Los adelantos más recientes en materia de carretillas elevadoras ofrecen modelos capaces de almacenar a 40 pies (12 m) de altura en pasillos de menos de 6 pies (1.8 m) de ancho. Esas máquinas tienen que ser dirigidas electrónicamente, mecánicamente o por cable y son impulsadas por electricidad.<sup>26</sup> Pueden ser dirigidas por computadora y las unidades más grandes resultan muy costosas. Las ventajas de su empleo se manifiestan en los edificios de techo muy alto (44 pies (13.5 m)), que requieren menos terreno y dan un costo total de instalación más bajo. Cuando se emplean estas máquinas, normalmente es necesario diseñar los

---

<sup>25</sup> Ibid., p. 396

Figura 8. Montacargas de carga frontal para pasillos estrechos

Ejemplo 10.3.7 Montacargas de carga frontal para pasillos estrechos



Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. p. 396.

pisos con tolerancias muy rígidas (1/8 de pulgada (3. mm) en 20 pies (6 m)) y las distancias entre columnas se deben adaptar a la configuración del vehículo y de los estantes.

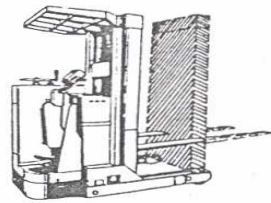
5.5.10 Sistemas de vía fija montados sobre rieles. Estos sistemas utilizan una combinación de tecnologías de horquilla elevadora y almacenamiento y retiro automáticos. Se diseñan específicamente para cada aplicación.<sup>27</sup>

5.5.11 Surtido de pedidos. Las operaciones de de surtido de pedidos están normalmente controladas por personas auxiliadas por vehículos. Loa adelantos más recientes en materia de recogido automatizado de artículos y vehículos

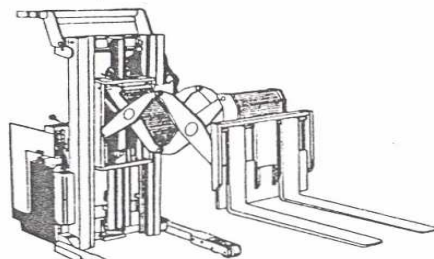
<sup>27</sup> Ibid., p. 399

Figura 9. Montacargas de carga frontal para pasillos estrechos (continuación)

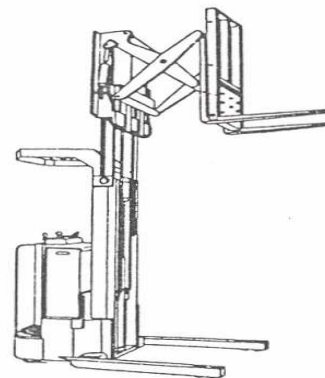
Ejemplo 10.3.7 Montacargas de carga frontal para pasillos estrechos (continuación)



CARRETILLA DE EXTENSION DE SOPORTE MOVIL



CARRETILLA ELEVADORA DE DOBLE EXTENSION



CARRETILLA DE PANTOGRAFO (RUEDAS PEQUEÑAS)

Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. p. 397.

dirigidos por computadora, se aplican en operaciones donde el número de transacciones es muy elevado. Por lo general, la mayoría de las actividades de surtido de pedidos dependen de personas que usan documentos de control y de la mecanización del traslado mediante vehículos y transportadores.<sup>28</sup>

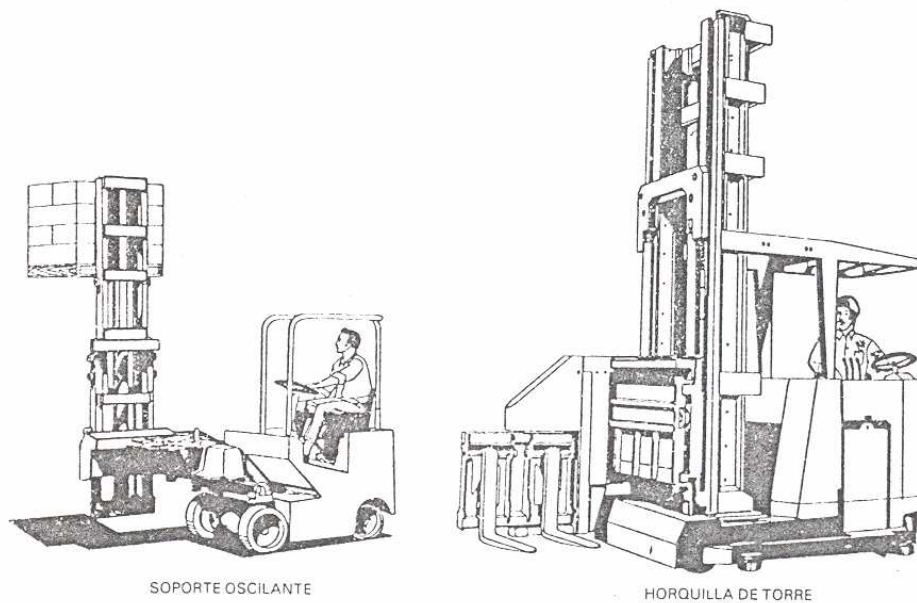
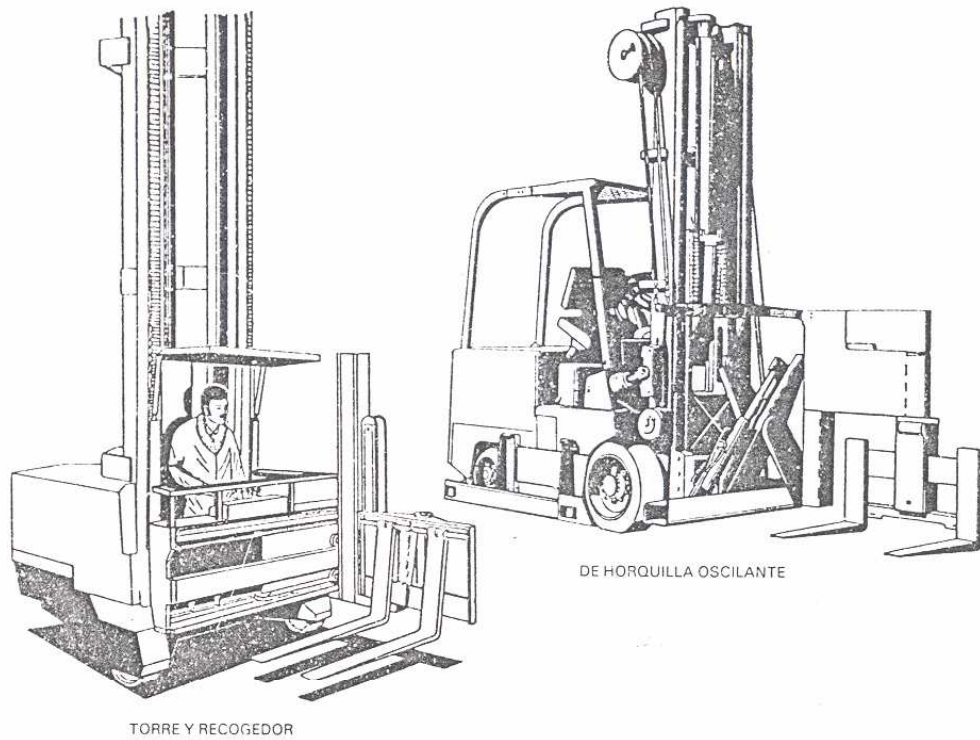
5.5.12 Herramientas para manejar materiales. Se necesitan herramientas de manejo de materiales y mobiliario de almacenamiento para llenar hueco entre las operaciones manuales y las mecanizadas así como para establecer los denominadores comunes del sistema. Entre esas herramientas figuran las plataformas, bandejas para piezas, gatos para plataformas, carretillas de dos ruedas, carretillas, estantes para plataformas, estanterías y tolvas.

<sup>28</sup> Ibid., p. 400



## Figura 10. Casetas típicas de montacargas para pasillos angostos

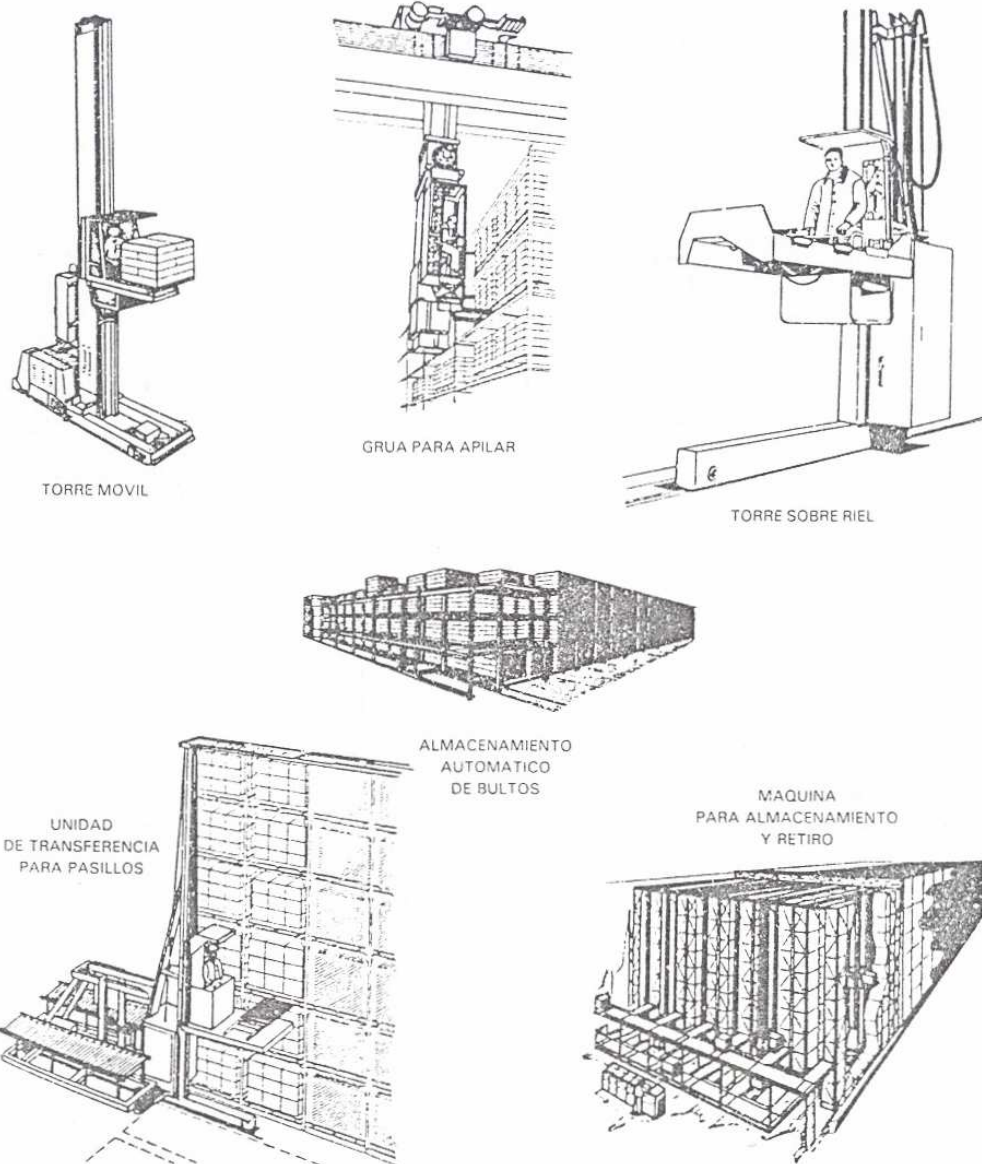
Ejemplo 10.3.8 Casetas típicas de montacargas para pasillos angostos



Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. p. 399.

## Figura 11. Equipo mecanizado de cabina elevada para almacenamiento

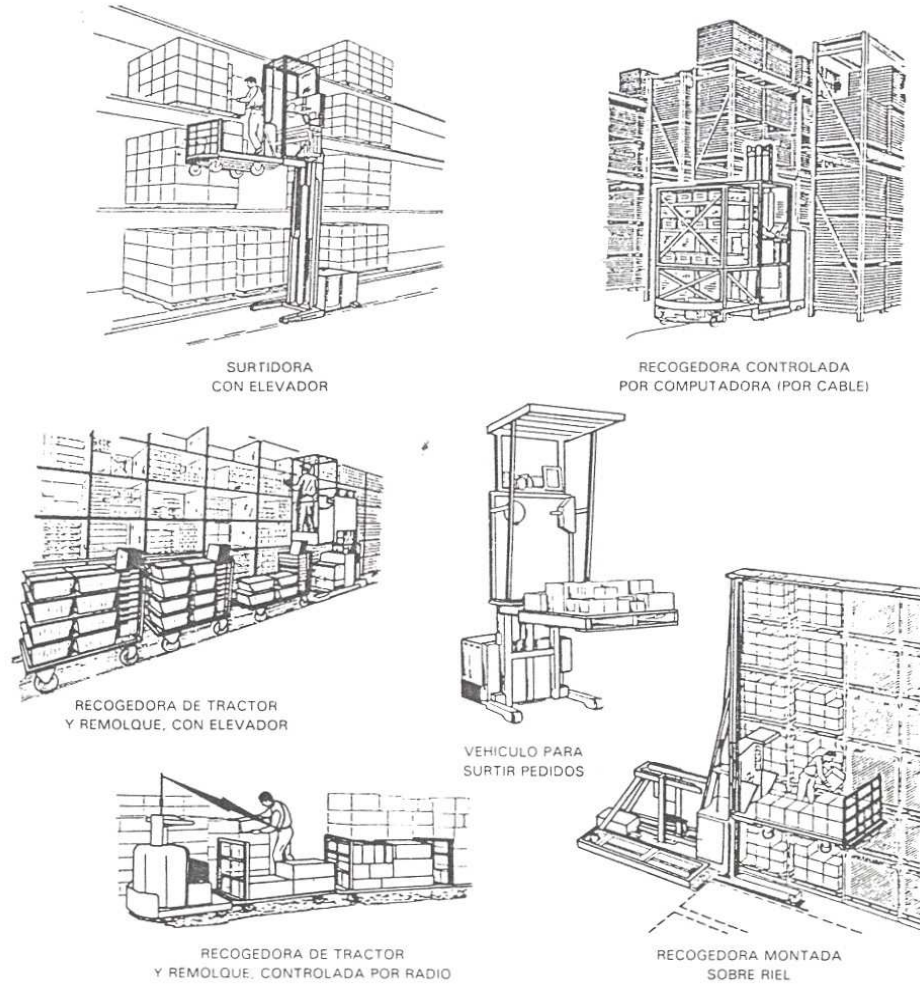
Ejemplo 10.3.9 Equipo mecanizado de cabina elevada para almacenamiento



Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. 406 p.

Figura 12. Equipos para surtir pedidos

Ejemplo 10.3.10 Equipo para surtir pedidos

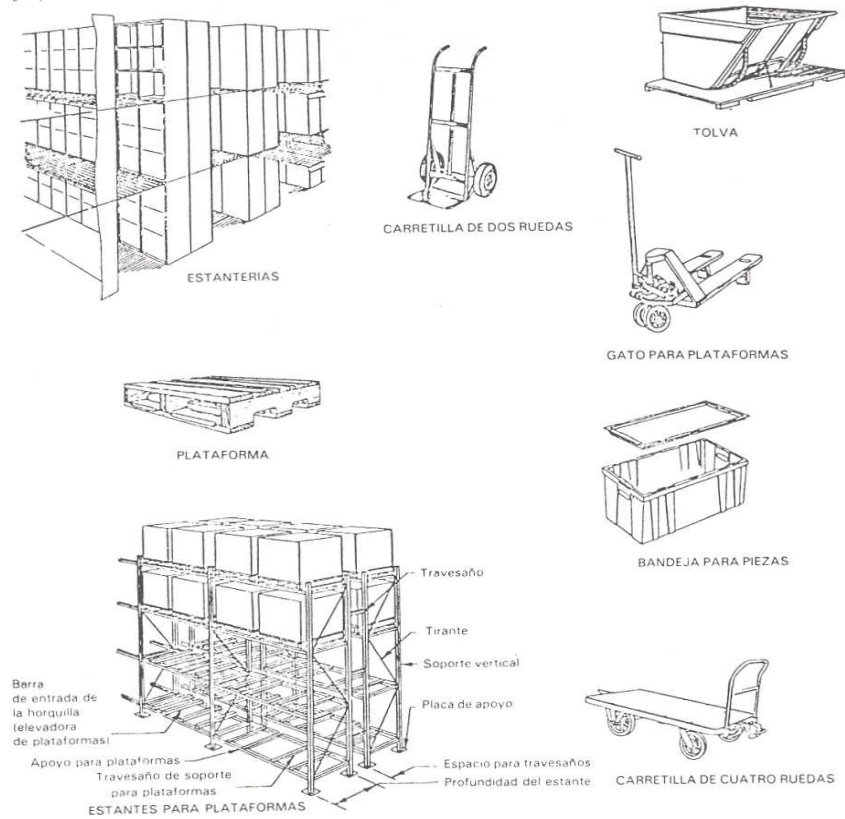


Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. p. 400.

Cada uno de esos instrumentos se debe diseñar adecuadamente para la aplicación específica, a fin de garantizar la capacidad y compatibilidad dimensionales.

Figura 13. Equipo para manejo de materiales y muebles para almacenar

Ejemplo 10.3.11 Equipo para manejo de materiales y muebles para almacenar



Fuente: SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. p. 401.

## 5.6 CONDICIONES GENERALES DEL MANEJO DE MATERIALES

El manejo de materiales incluye movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio. Los principios para la manipulación de los materiales son:<sup>29</sup>

- Asegurar que la materia prima, los materiales en proceso, los productos terminados y los suministros se muevan periódicamente de un lugar a otro.

<sup>29</sup> NIEBEL, Benjamín. Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y diseño del trabajo. 10 ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2001. p. 87.

- Asegurar que ningún proceso de producción o cliente se detenga por la llegada temprana o tardía de materiales dado que las operaciones requieren materiales y suministros en un tiempo específico.
- Garantizar que los materiales se entregan en el lugar correcto.
- Asegurar que los materiales se entreguen sin daños y en la cantidad adecuada. Tomar en cuenta espacios de almacén, tanto temporales como permanentes.

## **5.7 REDUCCION DE TIEMPO EN EL MANEJO DEL MATERIAL**

Los siguientes cinco puntos deben considerarse para reducir el tiempo dedicado al manejo de materiales:

- Reducir el tiempo dedicado a recoger el material. Con frecuencia, se piensa en el manejo de materiales sólo como transporte y no se toma en cuenta el posicionamiento en la estación de trabajo que tiene la misma importancia. Como muchas veces se pasa por alto el posicionamiento del material en la estación de trabajo, quizá ofrezca mayores oportunidades de ahorro que el transporte. Reducir el tiempo dedicado a recoger el material minimiza el manejo manual costoso y cansado en la máquina o el centro de trabajo. Da al operario la oportunidad de hacer su trabajo más rápido, con menos fatiga y mayor seguridad.

Algunas herramientas o equipos que ayudarán a reducir este tiempo son los transportadores o montacargas que pueden traer el material a la estación de trabajo reduciendo o eliminando el tiempo necesario para recoger el material.

Las relaciones entre los distintos tipos de equipo de manejo de materiales y de almacenamiento deben estudiarse para desarrollar arreglos más eficientes. Por ejemplo, el esquema de la figura 3-14 muestra un arreglo para recoger órdenes, describe cómo se pueden remover los materiales de las repisas, ya sea con un hombre a bordo de un vehículo especial (izquierda) o de manera manual (derecha). Un montacargas puede ayudar al reabastecimiento de las repisas. Una vez que se recogen los artículos deseados, se mandan por transportador al lugar de trabajo donde se realizan las operaciones de acumular órdenes y empacar.

- Uso adecuado de las instalaciones de manejo existentes. Para asegurar el mayor rendimiento del equipo de manejo de materiales, debe utilizarse con efectividad. Así, tanto los métodos como el equipo deben tener la suficiente flexibilidad para realizar una variedad de tareas de manejo de materiales en condiciones variables.

Paletizar el material en almacenes temporales o permanentes permite que mayores cantidades de material se transporten más rápido que si se almacena sin usar tarimas, y logra ahorros hasta de 65% en costos de mano de obra. Cuando se hace esto, los compartimientos, ganchos, pasadores o soportes para sostener el trabajo deben manejarse en múltiplos de 10 para facilitar el conteo durante el procesamiento de la inspección final. Si se usa algún equipo de manejo de materiales parte del tiempo, debe estudiarse la posibilidad de usarlo una porción más grande de ese tiempo. Se puede lograr una mayor utilización si se relocalizan las instalaciones de producción o si se adapta el equipo de manejo de materiales al trabajo de las diversas áreas.

- Adecuada manipulación de los materiales. Investigaciones industriales indican que cerca del 40% de los accidentes en la planta ocurren durante las operaciones de manejo de materiales. De estos, 25% son causados por levantamiento y cambio de lugar del material. Con un análisis cuidadoso del manejo de materiales y el uso de dispositivos mecánicos para ese manejo cuando es posible, se reduce

la fatiga y los accidentes de los empleados.

Los registros prueban que la fábrica segura también es una fábrica eficiente. Protecciones de seguridad en ciertos puntos de la transmisión de energía, prácticas operativas seguras, buena iluminación y limpieza adecuada son esenciales para que el equipo de manejo de materiales sea seguro. Los trabajadores deben instalar y operar todo este equipo de manera compatible con las reglas de seguridad existentes.

Un mejor manejo de materiales reduce los daños al producto. Si el número de partes rechazadas en su manejo entre estaciones es significativo, entonces esta área debe investigarse. En general, se puede minimizar este tipo de daño si se fabrican carretillas o charolas de diseño especial para colocar las partes en cuanto termina su procesado.

## **5.8. PRINCIPIOS BASICOS PARA LA MANIPULACION DE MATERIALES**

Los analistas siempre deben buscar la manera de eliminar el manejo ineficiente de los materiales. Para ayudarlos en esta tarea, el Materials Handling Institute (1998) desarrolló 10 principios de manejo de materiales. Éstos son:<sup>30</sup>

- Principio de planeación. Todo el manejo de materiales debe ser el resultado de un plan deliberado en el que se definan por completo necesidades, objetivos de desempeño y especificaciones funcionales de los métodos propuestos.
- Principio de estandarización. Métodos, equipo, controles y software para el manejo de materiales debe estandarizarse dentro de los límites que logran los

---

<sup>30</sup> Ibid., p. 97

objetivos globales de desempeño y sin sacrificar flexibilidad, modularidad y producción.

- Principio del trabajo. El trabajo de manejo de materiales debe minimizarse sin sacrificar la productividad o el nivel de servicio requerido de la operación.
- Principio de ergonomía. Deben reconocerse la capacidad y las limitaciones humanas y respetarse al diseñar las tareas y equipo de manejo de materiales para asegurar operaciones seguras y efectivas.
- Principio de carga unitaria. Las cargas unitarias deben ser del tamaño adecuado y configurarse de manera que logren el flujo del material y los objetivos de inventarios en cada etapa de la cadena de proveedores.
- Principio de utilización del espacio. Debe hacerse uso efectivo y eficiente de todo el espacio disponible.
- Principio de sistema. Las actividades de movimiento y almacenaje de materiales deben estar integradas por completo para formar un sistema operativo que abarca, recepción, inspección, almacenamiento, producción, ensamble, empaque, unificación, selección de órdenes, envíos, transporte y manejo de reclamaciones.
- Principio de automatización. Las operaciones de manejo de materiales deben mecanizarse y/o automatizarse cuando sea posible, para mejorar la eficiencia operativa, incrementar las respuestas, mejorar la consistencia y predictibilidad, disminuir los costos operativos y eliminar la mano de obra repetitiva o potencialmente insegura.
- Principio ambiental. El impacto ambiental y el consumo de energía son criterios



a considerar al diseñar o seleccionar el equipo y los sistemas de manejo de materiales.

- Principio del costo del ciclo de vida. Un análisis económico exhaustivo debe tomar en cuenta todo el ciclo de vida del equipo de manejo de materiales y los sistemas que resulten.

## **5.9 SEGURIDAD EN LA MANIPULACION DE MATERIALES**

Uno de los objetivos de un equipo administrativo progresista es proporcionar seguridad y salud a los empleados en el lugar de trabajo. Esto requiere controlar el ambiente físico del negocio u operación. La mayor parte de las lesiones son el resultado de accidentes causados por condiciones inseguras, una acción insegura o una combinación de los dos. Las condiciones inseguras se relacionan con el entorno físico, que incluye el equipo usado y todas las condiciones físicas que rodean al lugar de trabajo. Por ejemplo, los peligros pueden surgir por falta de cuidado o protección inadecuada del equipo, la localización de las máquinas, las condiciones de las áreas de almacén o las condiciones del edificio.<sup>31</sup>

Las condiciones generales de seguridad relacionadas con el edificio incluyen la capacidad de carga del lugar. Esto es importante en particular para las áreas de almacén donde la sobrecarga ha causado muchos accidentes serios cada año. Las señales de peligro de sobrecarga incluyen grietas en las paredes, vibración excesiva y mala colocación de las estructuras.

Debe haber al menos dos salidas en todos los pisos del edificio y el ancho de las salidas debe cumplir con el reglamento de seguridad de cualquier país\* (en

---

<sup>31</sup> Ibid., p. 260

Estados Unidos el Life Safety Code of the National Fire Protection Association). Este reglamento considera la ocupación y el peligro relativo de incendio al que el área de salida da servicio. La protección adecuada contra incendios debe incorporarse, según los estándares y reglamentos específicos de OSHA. Los edificios deben contener extinguidores, sistemas de aspersión y mangueras y tubería fija.

Los pasillos deben ser derechos y estar señalizados, con esquinas redondeadas o diagonales. Si son pasillos para el paso de vehículos, deben ser al menos 3 pies más anchos que el vehículo más ancho. (Cuando el tráfico es sólo en un sentido, entonces es suficiente con 2 pies más ancho.) En general, los pasillos deben tener al menos 5 pies-candela (50 lux) de iluminación. La instalación inicial de suficientes lámparas no asegura una iluminación adecuada. Sólo un esfuerzo de mantenimiento continuo puede garantizar la limpieza periódica de las lámparas y el reemplazo de focos fundidos. Deben usarse colores para identificar las condiciones de peligro.

La mayor parte de las máquinas herramienta pueden cuidarse en forma satisfactoria para minimizar la probabilidad de que un trabajador se lesione mientras la usa. El problema es que muchas carecen de seguridad. En estos casos, debe actuarse de inmediato para proporcionar protección y para que se use en forma rutinaria.

Por supuesto, hay excepciones, como un articulador o una sierra circular, para las que el proceso no permite protección completa. En estos casos, es fácil lograr una protección parcial, pero la completa es demasiado costosa o imposible porque interfiere con la manipulación del operario. Deben considerarse varias alternativas. Algunas veces, el proceso se puede automatizar para liberar por completo al operario del "punto de peligro". En otros casos, se puede usar un robot manipulador en lugar de un operario, o se puede planear otro método y capacitar

al operador para usar alimentadores manuales o dispositivos que le permitan mantener sus manos y otras partes del cuerpo fuera de los puntos de peligro.

También deben considerarse los materiales potencialmente inseguros. Una gran parte de los negocios y las fábricas usan químicos peligrosos. Como política de la compañía, se debe rotular la composición de cada compuesto químico usado, determinar sus riesgos y establecer medidas de control para proteger a los empleados.

## **5.10 COSTOS PARA MANTENER EL INVENTARIO**

Los costos por llevar, o mantener, son los desembolsos reales asociados con tener inventarios a la mano. Los costos típicos que suponen desembolsos de dinero incluyen seguros, arrendamiento de bodegas, calefacción, iluminación, impuestos y pérdidas debidas a deterioro, desgaste o daños. Otros costos de oportunidad, aunque no implican desembolsos de dinero, deben también tenerse en cuenta; el costo en el cual se incurre por tener capital “amarrado” en inventarios. Si se obtienen fondos en préstamo para financiar la adquisición de inventarios los intereses se consideran como costos directos. La cuantía de todos estos costos de mantenimiento generalmente aumenta o disminuye en proporción con el volumen de inventarios que se tenga.<sup>32</sup>

5.10.1 Costos por arreglos o negociaciones. El objetivo en un control de inventarios es encontrar la doctrina que genere los costos mínimos de operación a lo largo de un horizonte de planeación.

---

<sup>32</sup> EVERETT E., Adam. Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, Modelos y Comportamiento Humano. Bogotá: Editorial Prentice / Hall Internacional, 1978. p. 542.

Para encontrar el costo mínimo se necesita sumar todos los costos relevantes el costo del ítem, los costos de adquisición, los costos de mantenimiento y los costos por faltantes. Si se usa un horizonte de planeación de un año, estos costos pueden expresarse por medio de una ecuación general:

$$\begin{array}{l}
 \text{Costos} \\
 \text{totales} \\
 \text{por ciclo} \\
 \text{anuales}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{l}
 \text{Costo} \\
 \text{de ítem}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{l}
 \text{Costos} \\
 \text{de adquisición}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{l}
 \text{Costos de mantenimiento} \\
 \bullet \text{Existencias por ciclo} \\
 \bullet \text{Existencias de seguridad}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{l}
 \text{Costo por carecer} \\
 \bullet \text{Perdidas de ventas} \\
 \bullet \text{Órdenes pendiente}
 \end{array}$$

Cada uno de los costos que aparecen en la Ecuación 15-1 puede expresarse, para una situación dada de inventarios, en términos del tamaño del pedido y del punto de reordenación. El método de solución consiste entonces la minimización del costo total de la situación. Lo anterior puede lograr gráficamente; por medio de un análisis tabular; empleando algún método ensayo o error o mediante el empleo del cálculo, el método más exacto indudablemente. Al usar el cálculo, los investigadores de operaciones han desarrollado una gran variedad de fórmulas óptimas que varían con los cambios se presentan en la situación actual de los inventarios.

Gráficamente, la minimización de esta ecuación consiste en una negociación de costos. Para un modelo simple en el cual los costos de compra de los bienes (ítems) y de los faltantes sean irrelevantes, la negociación o el balance es únicamente entre dos de los componentes del costo, costos de adquisición y de mantenimiento. Nótese que los costos anuales por mantener los inventarios aumentan cuando la cantidad pedida, Q, es más grande y el cual es perfectamente lógico; grandes valores de Q originan grandes niveles de promedios de inventarios y consecuentemente, elevados costos de mantenimiento. De la misma manera, cuando Q aumenta, se deben colocar menos órdenes durante el año y los costos anuales por ordenar disminuyen.

Consecuentemente, como se muestra en la figura, los costos de adquisición disminuyen a medida que los costos por mantener los inventarios crecen. Existe una negociación o balance de costos entre las dos. Si se suman los costos gráficamente obtiene la curva para el costo total. La cantidad óptima por pedir o el tamaño óptimo de la orden es el punto en el cual los costos totales al año son mínima  $Q^*$ , en este caso:

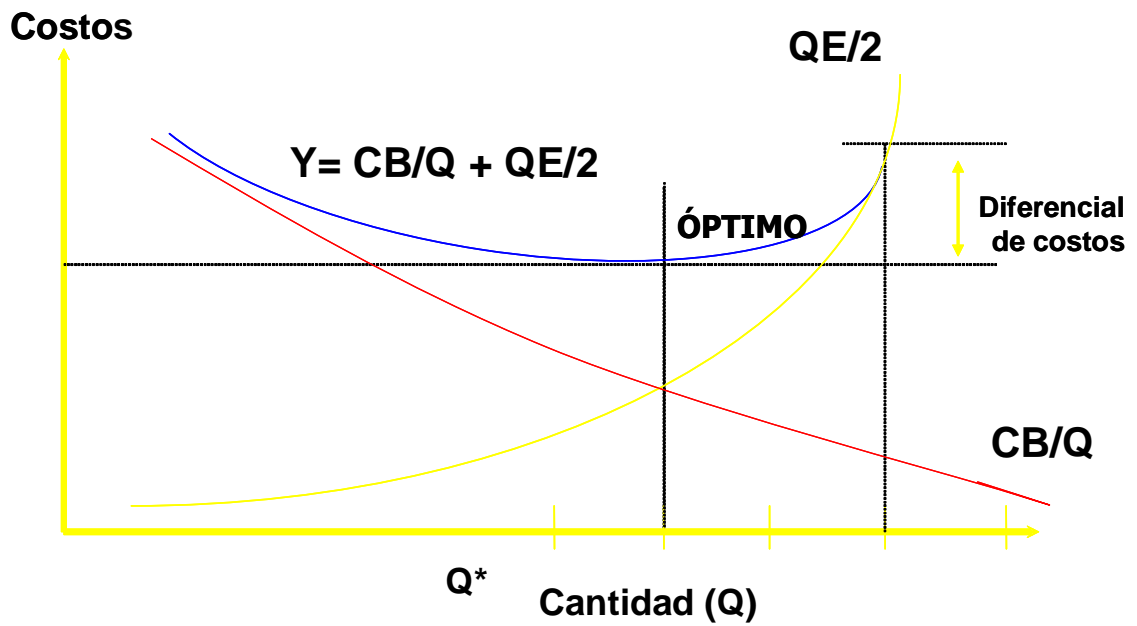
Para situaciones más complejas en la estructura de costos, se vuelve difícil representar gráficamente las curvas y analizarlas de manera tabular los conceptos de negociación o balance permanecen sin modificación. En la práctica, aunque muchas situaciones de inventarios nunca se analizan formalmente, los administradores de operaciones que pueden considerarse exitosamente tienen en cuenta cuando están intentando realizar un control de inventarios. Los costos relevantes y el balance entre los mismos. Quienes, en los casos de control de inventarios, toman decisiones de manera intuitiva deben considerar los costos si esperan operar exitosamente.

La metodología para la construcción de modelos que representen situaciones de inventarios es simple y clara. El objetivo es derivar una doctrina de relación para lo cual bastan cuatro pasos, simples:

- Examinar cuidadosamente la situación de inventarios, haciendo una lista de las características y de las suposiciones relacionadas con la situación.
- Desarrollar la ecuación de los costos totales relevantes por año en forma descriptiva (narrativa).
- Transformar la ecuación de costos anuales de la forma narrativa a la lógica matemática, y optimizar la ecuación de costos encontrando para ello el valor óptimo de qué tanto ordenar (tamaño de la orden) y el momento en el cual

reordenar (punto reordenación).

Figura 14. Costos en control de inventarios



$$\frac{QE}{2} = \text{COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS INVENTARIOS}$$

$$\frac{CB}{Q} = \text{COSTOS DE ADQUISICION}$$

$$Y = \frac{CB}{Q} + \frac{QE}{2} = \text{COSTOS TOTALES}$$

### 5.11 GRÁFICAS DE RECORRIDO

Antes de diseñar una nueva distribución de planta o corregir la anterior, el analista

debe reunir datos de lo que puede influir en ella. Las *gráficas de recorrido* pueden ayudar en el diagnóstico de los problemas relacionados con el arreglo de los departamentos y las áreas de servicio, al igual que con la localización de equipo en un sector dado de la planta. La gráfica de recorrido es una matriz que presenta la magnitud del manejo de materiales que se realiza entre dos instalaciones por periodo. La unidad que identifica este manejo puede ser lo que el analista piense que es adecuado. Pueden ser libras, toneladas, frecuencia de manejo u otros. La figura ilustra una gráfica de recorrido muy elemental.

5.11.1 Planeación sistemática de la distribución de Muther. Un enfoque sistemático para la distribución de planta desarrollado por Muther (1973) se denomina planeación sistemática de la distribución (PSD). La meta de la PSD es localizar dos áreas con alta frecuencia de interrelaciones lógicas cercanas una de la otra, usando un procedimiento de seis pasos:<sup>33</sup>

– Relaciones en la gráfica. En el primer paso, se establecen las relaciones entre las diferentes áreas y se grafican en una forma especial llama *diagrama de relaciones*. Una relación es un grado relativo de cercanía, deseada o requerida, entre distintas actividades, áreas, departamentos, cuartos, según lo determina el flujo de información (volumen, tiempo, costo, ruta) de una *gráfica de recorrido*, o de manera más cualitativa de las interacciones funcionales o la información subjetiva.

– Requerimientos de espacio. En el segundo paso se establecen los requerimientos de espacio en pies o metros cuadrados. Estos valores se pueden calcular con base en los requerimientos de producción extrapolados a partir de las áreas existentes, proyectados a futuro por expansiones, o fijos según los estándares legales, como el ADA o los estándares de arquitectura. Además de los

---

<sup>33</sup> NIEBEL, Op. Cit., p. 99

metros cuadrados, se describe el tipo y la forma, o puede ser importante la localización respecto a los servicios requeridos.

- Diagrama de relaciones de las actividades. En el tercer paso se dibuja una representación visual de las distintas actividades. El analista comienza con las relaciones absolutamente importantes (A) y usa cuatro líneas paralelas cortas para unir las dos áreas.

Figura 15. Grafica de recorrido

FIGURA 3-19  
Gráfica de recorrido, una herramienta útil para resolver los problemas de manejo de materiales y distribución de planta relacionados con distribuciones tipo proceso.

		A							
		Torno de revólver Núm. 4 W & S	Perforadora Delta 17"	Taladro de 2 brocas L & G	Fresadora horizontal núm. 2 Cinn	Fresadora vertical núm. 3B & S	Prensa de 100 ton Niágara	Rectificadora sin puntos núm. 2	Esmeril núm. 3 Excello Thd.
De	Torno de revólver Núm. 4 W & S		20	45	80	32	4	6	2
	Perforadora Delta 17"			6	8	4	22	2	3
	Taladro de 2 brocas L & G				22	14	18	4	4
	Fresadora horizontal núm. 2 Cinn	120				10	5	4	2
	Fresadora vertical núm. 3 B & S						6	3	1
	Prensa de 100 ton Niágara		60	12	2			0	1
	Rectificadora sin puntos núm. 2		15						15
	Esmeril núm. 3 Excello Thd.				15	8			

Fuente: NIEBEL, Benjamín. Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y diseño del trabajo. Décima ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2001. p. 100.

- Después procede a las relaciones E con tres líneas paralelas de cerca del doble de longitud que las líneas A. Continúa este proceso con las relaciones I, O, etcétera, aumentando el largo de las líneas e intentando evitar cruces y confusiones. Para las relaciones no deseables, las dos áreas se colocan tan lejos



como sea posible y se dibuja una línea quebrada (que representa un resorte) entre ellas. (Algunos analistas pueden definir relaciones en extremo indeseables con valor -2 y una línea quebrada doble).

– Distribución según la relación de espacio. A continuación se crea la representación del espacio y se dibujan las áreas a escala en términos de su tamaño relativo. Una vez que la distribución se ve bien, se comprimen las áreas en un plano de la planta. Esto no es tan sencillo como se oye y tal vez sea necesario usar plantillas. Además, se pueden hacer modificaciones a esta distribución debidas a requerimientos de manejo de materiales (como la necesidad de localizar las áreas de recepción y envío contra una pared exterior), de almacenamiento (quizá con acceso exterior similar), de personal (una cafetería o los sanitarios cercanos), de características de construcción (actividades de una grúa en un área abierta; la operación del montacargas en la planta) y los servicios.

– Evaluación de arreglos alternativos. Con las numerosas distribuciones posibles, es común que varias parezcan alternativas adecuadas. En ese caso, el analista debe evaluarlas para determinar la mejor solución. Primero, debe identificar factores que se consideran importantes; por ejemplo, capacidad para una expansión futura, flexibilidad, eficiencia del flujo, efectividad del manejo de materiales, seguridad, facilidad de supervisión, apariencia o estética y otros. Segundo, debe establecer la importancia relativa de estos factores mediante un sistema de ponderaciones, como la escala 0 a 10. Después, califica las alternativas según satisfacen cada factor. Muther (1973) sugiere la misma escala de 4 a -1: con 4 un resultado casi perfecto; 3, especialmente bueno; 2, importante; 1, ordinario o común; 0, sin importancia, y -1, no aceptable. Cada calificación se multiplica por el peso. Los productos de cada alternativa se suman y el valor más alto indica la mejor alternativa.



5.11.2 Distribución de planta asistida por computadora. Existen paquetes de software comerciales que pueden ayudar a desarrollar distribuciones realistas en forma rápida y poco costosa. El programa CRAFT (Computerized Relative Allocation Facilities) ha tenido un uso extenso. Un centro de actividades puede ser un departamento o centro de trabajo dentro de un departamento.

Otro programa disponible es CORELAP. Sus requerimientos de entrada son el número de departamentos, las áreas de cada uno, las relaciones departamentales y las ponderaciones de estas relaciones. CORELAP construye la distribución ubicando los departamentos con áreas en forma rectangular. ALDEP, otro programa disponible, construye distribuciones de planta mediante la selección aleatoria de un departamento que se ubica en un lugar dado. Tiene la habilidad de proporcionar distribuciones para varios pisos.

Uno de los programas de distribución más actuales que existen en el mercado es el SPIRAL, intenta optimizar las relaciones de adyacencia sumando las relaciones positivas y restando las negativas para las áreas adyacentes.

Según la teoría el modelo de Muther es utilizado para rediseñar distribuciones de planta relacionadas con maquinas o áreas ya existentes y es una herramienta útil a la hora de corregir errores para eliminar los problemas de espacio y perdida de tiempo. Sin embargo, en este caso se comprobara su aplicabilidad y eficacia al encontrar el método mas adecuado de almacenamiento en la bodega, las relaciones semielaborados por medio de las interacciones entre las referencias que son producidas y los diferentes lotes a los cuales son almacenados.

El total de referencias que produce la planta son veintiocho pero se trabajara con veinte tres para facilitar el trabajo. Se empieza por determinar cual de los productos a almacenar son más importantes.

## 6. DIAGNOSTICO DE ALMACENAMIENTO

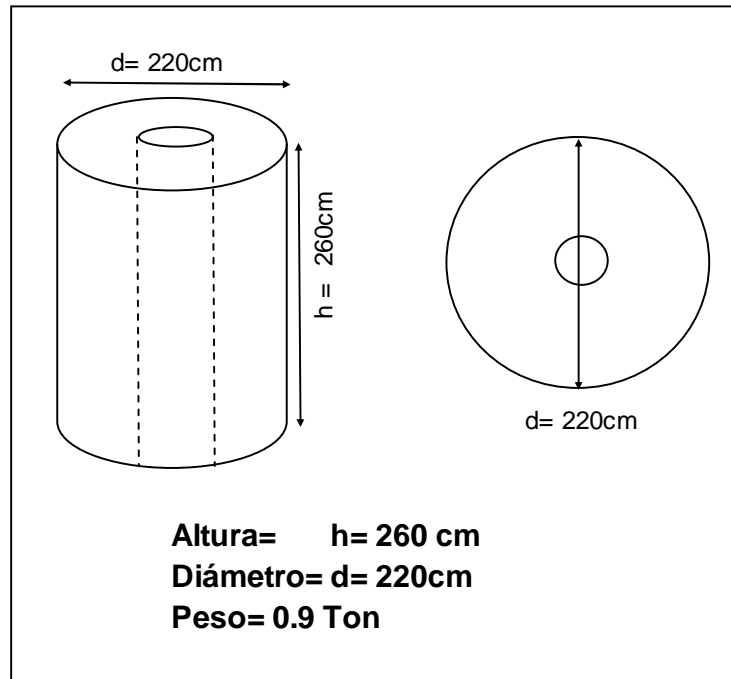
La materia prima principal para la elaboración del papel higiénico, las toallas de mano y servilletas entre otros productos es el papel reciclado, papel periódico o pulpa virgen, su utilización depende del producto que vayan a fabricar, esta materia prima llega en forma de pacas y van a zona de almacenamiento los procesos principales por los cuales debe pasar para obtener las bobinas son la pulpadora que convierte el papel en pasta y el proceso de la TM que saca el papel blanco o natural en rollos duros, es en este momento el producto esta en proceso y por sus cantidades de producción es necesario almacenar mientras se determina su consumo para la elaboración del producto final.

Aunque los rollos salgan de la maquina TM con un revestimiento de polystress la manipulación al transportarlos o almacenarlos desde la máquina a la bodega o de la bodega hacia las máquinas convertidoras se convierte en un pequeño problema para la compañía dado que en la mayoría de las ocasiones se maltratan y se pierden las primeras hojas del rollo por daño con el clamp de las montacargas lo que significa para la compañía perdida de costos, es por ello que la labor que ejecutan los operarios de montacargas esta medida por un indicador llamado *Maltrato de rollos* la unidad de medida esta en toneladas al mes y la meta es disminuirlo cada vez más.

El diámetro de una bobina almacenada oscila entre 1.71 hasta 2.20 m, el tamaño es de 2.60 m para todas las referencias y el peso oscila desde los 0.8 ton hasta 2.5 toneladas.

Como resultado de la investigación realizada sobre las causas de maltrato de rollos en la manipulación de los mismos tenemos:

Figura 17. Tamaño, peso del rollo duro.



– Espacio reducido: En la parte inferior de la figura se observa la distancia que existe entre las filas es de 2,87m mientras que una montacargas tiene un ancho de 2,40m es decir que el espacio para maniobrar es de 0.47m. Ver figura medidas de las montacargas (ancho y altura).

El procedimiento que se realiza el operador de montacargas para tomar el rollo ubicado al final de la fila, es desarmar alguna de las filas laterales para poder entrar, tomar la bobina y finalmente se vuelve a armar fila.

Este procedimiento es ineficiente al utilizar tiempo para desarmar y armar, es

tiempo que pierde el operador mientras que en TM salen nuevas bobinas para almacenar causando estrés del operador.

Figura 18. Espacio reducido en los apilamientos de los rollos.



Fuente: Fotografía tomada en la Bodega de rollos duros del Almacén Semielaborados Papeles del Cauca S.A.

– Condiciones del equipo de transporte: El tamaño reducido para maniobra las montacargas, los pernos de la llantas traseras de los montacargas que sobresalen y la punta superior del riel genera maltrato al rozar con otras bobinas diferentes a la que sostiene, genera desgarre del poly y por como consecuencia maltrato al papel.

Dentro de los factores a reconsiderar para reducir el maltrato es el calibre del poly stress con la que forran la bobina, para reducir costos actualmente se usa un calibre más delgado.

La primera gráfica muestra los pernos sobresalidos de las llantas traseras y la segunda muestra el clamp y mástil situados en la parte delantera de la

Figura 19. Ancho del montacargas



Fuente: Fuente: Fotografía tomada en la Bodega de rollos duros del Almacén Semielaborados Papeles del Cauca S.A.

montacargas estos son los que sostienen la bobina, y la tercera la consecuencia de rozar los pernos.

- Seguridad. Con exceso de capacidad genera que en el almacenamiento actualmente no se cumpla con las medidas entre pasillos límite 0.5 m.
- Iluminación. Por el tipo de material y el almacenamiento a tres pisos se considera que la iluminación debe ser de baja intensidad por la cercanía de los rollos al techo donde están las lámparas.

Para realizar el diagnóstico del método de distribución del almacenamiento del producto en proceso en la bodega se realiza un estudio que consta de la toma de información diaria de la hora y la referencia de bobinas producidas por la máquina

Figura 19. En la figura de la izquierda, pernos salidos de la llanta trasera. Figura de la derecha, maltrato de rollos con pernos del montacargas.



Fuente: Fotografía tomada en la Bodega de rollos duros del Almacén Semielaborados Papeles del Cauca S.A.

Tissue Machine (TM) que después de descargarlas de las flechas, las bobinas son trasladadas para producción, cargue de contenedores en exportación o para almacenamiento de producto en proceso, este último es el caso de estudio que se tratará en siguiente capítulo.

El destino de la bobina sea para conversión o almacenamiento temporal está determinada por los ingenieros encargados de la programación de producción, una parte fundamental de esto es el transporte de estas bobinas actualmente son trasladadas en montacargas deben estar pendiente que el producto que la bobina que salga de la máquina de papel sea inmediatamente almacenada.

A continuación en la tabla se presenta el total de referencias que se fabrican en la compañía. La información fue tomada en un tiempo de 25 días.

Posterior a esta información se realiza el ultimo día de la recolección de datos un



plano físico de cómo están distribuidas los lotes para las referencias en la bodega. Lo ideal sería que para cada referencia este asignado un lote por cada referencia debería de asignarse un lote pero esto no se puede dado al espacio con el que se cuenta para hacer el almacenamiento.

En el mes solo se movieron 23 referencias. Cada frecuencia es considerada como unidades de bobinas. Ver Tabla 1.

Cada lote esta conformado por dos filas de bobinas en la parte superior los lotes son mas cortos y solo tiene capacidad para filas de 5 unidades; mientras que en la parte inferior se representa el lote de mayor longitud con capacidad de 7 bobinas a lo largo cada uno en los dos lotes esta permitido apilar al 3; es decir que en un lote caben 30 bobinas en los superiores y en los inferiores 42 bobinas. Ver figura 20. Anexo 1.

En el anexo A al final se encuentra el plano donde el círculo superior señala el lugar donde esta situada la máquina Tissue Machine (TM) y el círculo inferior señala el lugar, la posición y la proporción del tamaño de la Bodega de producto semielaborado de la empresa Papeles del Cauca S.A.

La tabla muestra las referencias que mas se producen y que son posteriormente almacenadas, es claro que hay otras referencias que se producen en grandes cantidades y son tipo exportación para este caso estas frecuencias no son tomadas en cuenta.

Luego de conocer las referencias mas importantes se establecen en la grafica de recorrido las distancias existentes desde el lugar donde son producidas las 23 referencias de bobinas en la máquina de papel (TM) hasta cada lote donde son almacenadas en la bodega. La relación se establece en metros de distancia. (Ver Tabla 4).

Tabla 1. Frecuencias de 23 referencias que se movieron en el mes.

No.	REF	DESCRIPCION	FREC	% PARTIC
1	43010746	B. HIG SCOTT BL. 2P 15G 257X220cm 16"	689	33,41
2	43010725	B. FAC KLEENEX BL 17G 260X220cm 16"	140	6,79
3	43017232	B. SERV BL 23G 260X220cm 16"	120	5,82
4	43010757	B. HIG SCOTT NT RE. 2P 14,5G 257X220cm 16"	150	7,27
5	43015370	B. SERV BL 23G 171X160cm 16"	57	2,76
6	43010731	B. TOA BL 25G 257X220cm 16"	40	1,94
7	43016230	B. TOA CENTERF NT 23G 250X160cm 16"	24	1,16
8	43018126	B. SERV LEVER HD NT 23G 260X220cm 16"	22	1,07
9	43010723	B. SRV K. LUJO BL 18G 240X220cm 16"	22	1,07
10	43018678	B.R. COC BL 25G 235X1960cm 16"	20	0,97
11	43017180	B. HIG SCOTT JUMBO BL 21G 260X200 cm 16"	18	0,87
12	43010562	GUATA HGCO FLOR - SCOTT HD.(EXPORTACION)	498	24,15
13	43018537	HIG. SUAVE PERU (EXPORTACION)	164	7,95
14	43018992	HIG. SCOTT NATURAL ECUADOR (EXPORTACION)	30	1,45
15	43017223	B. HIG SCOTT NT HS 21G 260X200cm 16"	68	3,30
16	43019350	B. HIG REGIO NT RE 2P 15.5G 248X160cm	0	0,00
17	43010751	B. HIG BOUTIQUE BL 18G 257X250cm 16"	0	0,00
18	43016449	B. HIG REGIO NT RE. 2P 14,5G 248X160cm 16"	0	0,00
19	43016231	B. TOA CENTERF BL 23G 250X160cm 16"	0	0,00
20	43018484	B. HIG SCOTT BL 2P 15G 259X220cm 16"	0	0,00
21	43015370	B. SERV BL 23G 171X160cm 16"	0	0,00
22	43016417	B. HIG SCOTT BL 2P 15G 248X160cm 16"	0	0,00
23	43015262	B. HIG SCOTT GOLD 16G 256X170cm 16"	0	0,00
		<b>TOTAL</b>	2062	

Tabla 2. Frecuencias definitivas de las referencias fabricadas y posteriormente almacenadas como producto en proceso.

No.	REFERENCIAS	DESCRIPCION	FRECUENCIAS	% PARTICIPACION
1	43010746	B. HIG SCOTT BL. 2P 15G 257X220cm 16"	689	52,9
4	43010757	B. HIG SCOTT NT RE. 2P 14,5G 257X220cm 16"	150	11,5
2	43010725	B. FAC KLEENEX BL 17G 260X220cm 16"	140	10,8
3	43017232	B. SERV BL 23G 260X220cm 16"	120	9,2
5	43015370	B. SERV BL 23G 171X160cm 16"	57	4,4
6	43010731	B. TOA BL 25G 257X220cm 16"	40	3,1
7	43016230	B. TOA CENTERF NT 23G 250X160cm 16"	24	1,8
8	43018126	B. SERV LEVER HD NT 23G 260X220cm 16"	22	1,7
9	43010723	B. SRV K. LUJO BL 18G 240X220cm 16"	22	1,7
10	43018678	B.R. COC BL 25G 235X1960cm 16"	20	1,5
11	43017180	B. HIG SCOTT JUMBO BL 21G 260X200 cm 16"	18	1,4
		<b>TOTAL</b>	1302	

Figura 21. Esquema general de los lotes distribuidos en la bodega

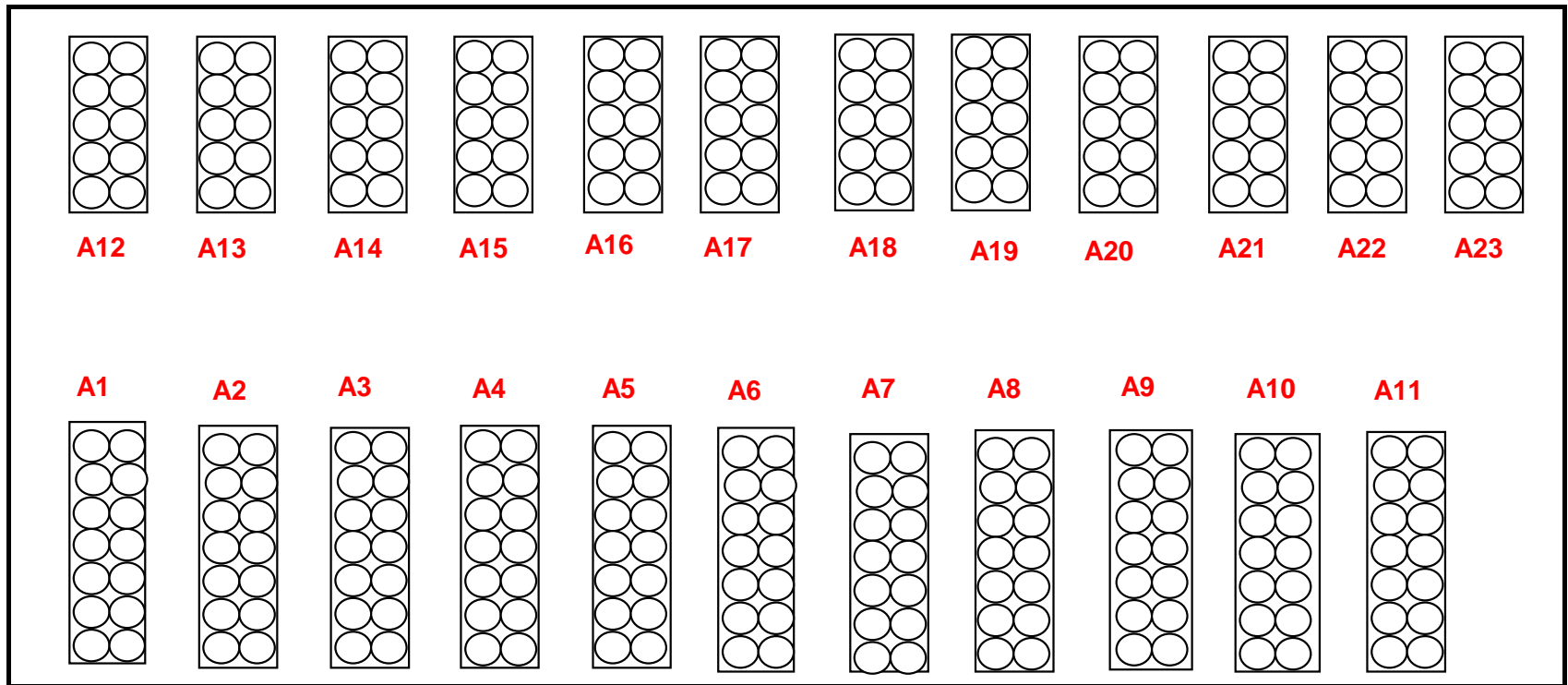


Tabla 3. Frecuencias de producción de bobinas en un mes ordenadas en forma descendente.

No.	REFERENCIAS	DESCRIPCION	FRECUE.	% PARTIC.
1	43010746	B. HIG SCOTT BL. 2P 15G 257X220cm 16"	689	52,9
2	43010757	B. HIG SCOTT NT RE. 2P 14,5G 257X220cm 16"	150	11,5
3	43010725	B. FAC KLEENEX BL 17G 260X220cm 16"	140	10,8
4	43017232	B. SERV BL 23G 260X220cm 16"	120	9,2
5	43015370	B. SERV BL 23G 171X160cm 16"	57	4,4
6	43010731	B. TOA BL 25G 257X220cm 16"	40	3,1
7	43016230	B. TOA CENTERF NT 23G 250X160cm 16"	24	1,8
8	43018126	B. SERV LEVER HD NT 23G 260X220cm 16"	22	1,7
9	43010723	B. SRV K. LUJO BL 18G 240X220cm 16"	22	1,7
10	43018678	B.R. COC BL 25G 235X1960cm 16"	20	1,5
11	43017180	B. HIG SCOTT JUMBO BL 21G 260X200 cm 16"	18	1,4
12	43019350	B. HIG REGIO NT RE 2P 15.5G 248X160cm	0	0
13	43010751	B. HIG BOUTIQUE BL 18G 257X250cm 16"	0	0
14	43016449	B. HIG REGIO NT RE. 2P 14,5G 248X160cm 16"	0	0
15	43016231	B. TOA CENTERF BL 23G 250X160cm 16"	0	0
16	43018484	B. HIG SCOTT BL 2P 15G 259X220cm 16"	0	0
17	43015370	B. SERV BL 23G 171X160cm 16"	0	0
18	43016417	B. HIG SCOTT BL 2P 15G 248X160cm 16"	0	0
19	43015262	B. HIG SCOTT GOLD 16G 256X170cm 16"	0	0
20	43010562	GUATA HGCO FLOR - SCOTT HD.(EXPORTACION)	0	0
21	43018537	HIG. SUAVE PERU (EXPORTACION)	0	0
22	43018992	HIG. SCOTT NATURAL ECUADOR (EXPORTACION)	0	0
23	43019305	HIG. SCOTT NT RE 2P 15.5G 260X250cm 16"	0	0
		<b>TOTAL</b>	1302	

Estas son las distancias en metros que debe recorrer el operario del montacargas para trasladar los rollos desde la máquina TM hasta cada uno de los lotes de almacenamiento en la bodega de semielaborados.

La anterior información se da a conocer la cantidad de referencias de rollos duros que se manipulan en Papeles del Cauca, se describe los factores que impiden la manipulación eficiente en la Bodega, la posición de la bodega en la planta y las distancias que existen entre la máquina productora de papel y los lotes de la bodega de producto en proceso.

Tabla 4. Medidas totales de la máquina TM a cada uno de los lotes.

A1	96,19 m
A2	
A3	100,89 m
A4	
A5	105,59 m
A6	
A7	110,29 m
A8	
A9	114,99 m
A10	
A11	119,69 m
A12	
A13	124,39 m
A14	
A15	129,09 m
A16	
A17	133,79 m
A18	
A19	138,49 m
A20	
A21	143,19 m
A22	

A23	95,01 m
A24	
A25	99,71 m
A26	
A27	104,41 m
A28	
A29	109,11 m
A30	
A31	113,81 m
A32	
A33	118,51 m
A34	
A35	123,21 m
A36	
A37	127,91 m
A38	
A39	132,61 m
A40	
A41	137,31 m
A42	
A43	142,01 m
A44	
A45	146,11 m
A46	

## 7. RESULTADOS

A continuación se presentará la propuesta de reforma a la bodega de semielaborados relacionando la capacidad de almacenamiento, se trabaja la propuesta con el Ingeniero de almacenes que contempla la amplitud del tamaño de los lotes y los espacios reglamentarios como solución a los inconvenientes ocurridos de seguridad en la bodega. (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de la capacidad de almacenamiento.

### ANALISIS DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

No	ALTERNATIVA	AMPLITUD PASILLO	AMPLITUD MODULO	No. MODULOS T1	No. MODULOS T2	No. FILAS T1	No. FILAS T2	CAP FILA T1 (TON)	CAP FILA T2 (TON)	CAP TOTAL (TON)
1	Modulos de 4.2m y pasillos de 0.5m.	0.50	4.2	11	12	22	23	31.5	22.5	1.210,5
2	Modulos de 4.7m y pasillos de 0.8m.	0.80	4.7	9	10	18	20	31.5	22.5	1.017,0
3	Modulos de 4.7m contra muro, 2.35 contra malla y pasillos de 0.8m.	0.80	4.7 / 2.35	9	17	18	17	31.5	22.5	949,5
4	Modulos de 4.7m contra malla, 2.35 contra muro y pasillos de 0.8m.	0.80	4.7 / 2.35	16	10	16	20	31.5	22.5	954,0

- ALTERNATIVA 1 :** Almacenamiento a tres niveles con módulos de 4.2m y pasillos de 0.5m.  
**ALTERNATIVA 2 :** Almacenamiento a tres niveles con módulos de 4.7m y pasillos de 0.8m.  
**ALTERNATIVA 3 :** Almacenamiento a tres niveles con módulos de 4.7m contra muro, 2.35 contra malla y pasillos de 0.8m.  
**ALTERNATIVA 4 :** Almacenamiento a tres niveles con modulos de 4.7m contra malla, 2.35 contra muro y pasillos de 0.8m.

Para solucionar el problema de falta de espacio al maniobrar los montacargas con el rollo duro dentro de la bodega, el riesgo de caerse un rollo al rozar una montacargas en una pila y el maltrato del material por rasgar los rollos con los pernos de las llantas traseras y la ultima punta del mástil del montacargas, se propuso en ampliar los módulos de los pasillos de 4.2m a 4.7m, los pasillos de 0.5m a 0.8m y la capacidad instalada reduce de 1.210,5 ton a 1.017,0 ton.

Esta propuesta se presenta al gerente general para estudio y aprobación para dar solución al tema de la distribución de referencias de lotes más óptima se trabaja con el tema de la Planeación Sistemática de la Distribución de Muther y las gráficas de recorrido.

Para realizar el diagrama de relaciones se toma como referencia la grafica de recorrido donde se obtiene el valor de la combinación de las casillas de la columna de referencias y la fila de los lotes con estos dos valores se realiza la sumatoria. Así, tomamos los valores de las combinaciones entre las casillas de la referencia 1 y el lote 2 y de las casillas de la referencia 2 y el lote 1 luego se suma y se transcribe en el diagrama.

Ejemplo1:

De 1 a 2 = 101

De 2 a 1 = 96

$\Sigma = 101 + 96 = 197$

Ejemplo2:

De 2 a 3 = 106

De 3 a 2 = 101

$\Sigma = 106 + 101 = 207$

Luego se forman cuatro Tablas triangulares con las ponderaciones correspondientes para las 4 referencias que mas frecuencia tiene en este caso 43010746 con 52.9%, 43010757 con 11.5%, 43010725 con 10.8% y 43017232 con 9.2%. Así: El valor de la casilla combinada de las casillas 1 y 2 es 197 en la primera tabla triangular, para realiza la tabla de la referencia 43010746 se multiplica 197 con la ponderación correspondiente.  $197 \times 0.529$  No. entonces para la casilla combinada en la nueva tabla triangular el valor es 104 Así para las otras tablas de las otras referencias se toma el mismo valor y se multiplica por la ponderación correspondiente.

Por ultimo se forma la tabla triangular total realizando la sumatoria del ponderado de las cuatro referencias.

Figura 22. Gráfica de recorrido para la bodega de Papeles del Cauca S.A.

		A																																													
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36	A37	A38	A39	A40	A41	A42	A43	A44	A45	A46
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23																							
DE	1		101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	2	96		106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	3	96	101		110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	4	96	101	106		115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	5	96	101	106	110		120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	6	96	101	106	110	115		124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	7	96	101	106	110	115	120		129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	8	96	101	106	110	115	120	124		134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	9	96	101	106	110	115	120	124	129		138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	10	96	101	106	110	115	120	124	129	134		143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	11	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138		95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	12	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143		100	104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	13	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95		104	109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	14	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100		109	114	119	123	128	133	137	142	146																							
	15	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104		114	119	123	128	133	137	142	146																							
	16	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109		119	123	128	133	137	142	146																							
	17	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114		123	128	133	137	142	146																							
	18	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119		128	133	137	142	146																							
	19	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123		133	137	142	146																							
	20	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128		137	142	146																							
	21	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133		142	146																							
	22	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137		146																							
	23	96	101	106	110	115	120	124	129	134	138	143	95	100	104	109	114	119	123	128	133	137	142																								



Figura 23. Diagrama de relaciones general para todas las cuatro referencias.

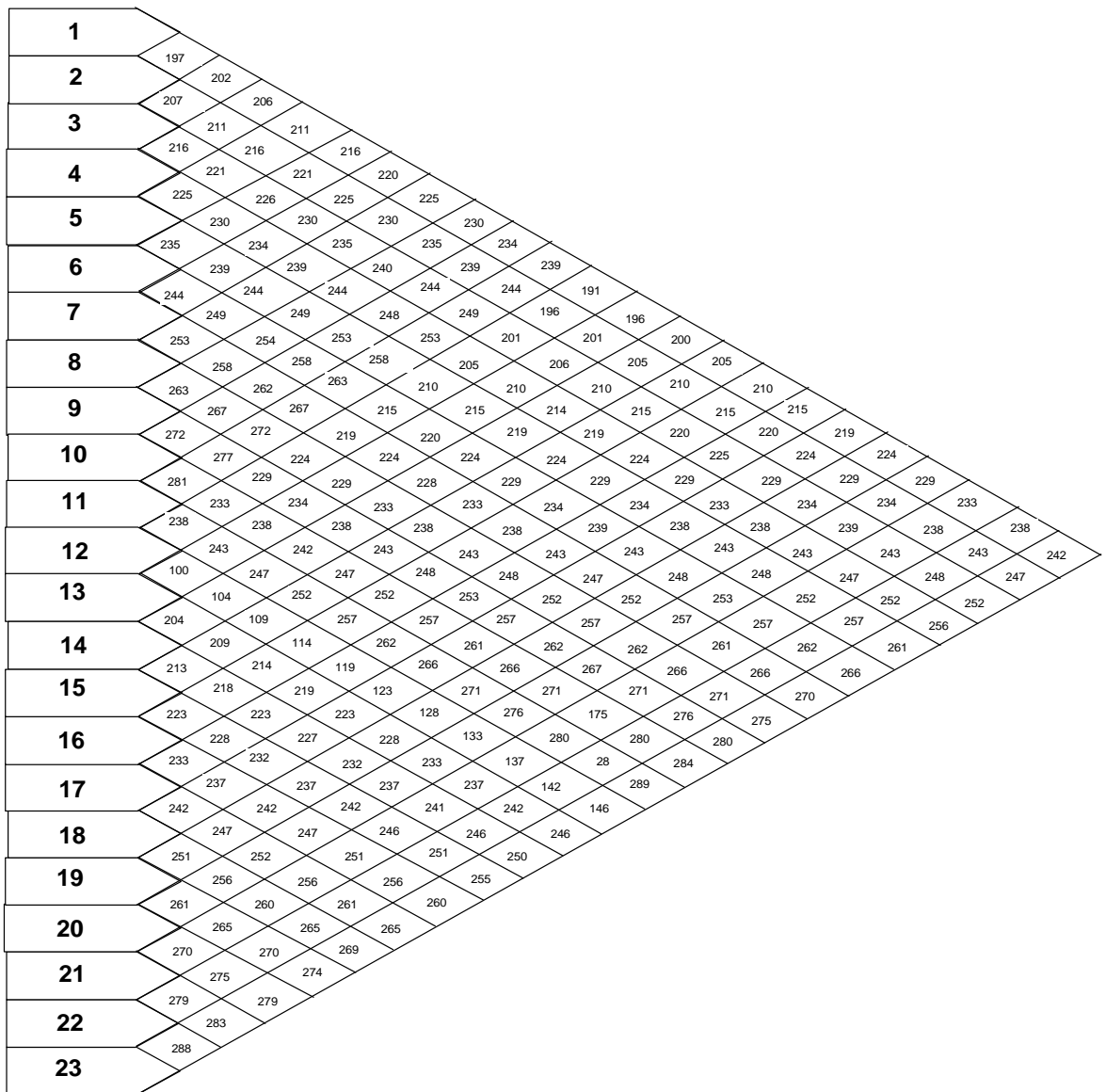




Figura 25. Diagrama de relaciones 43010757 con la ponderación del 12%

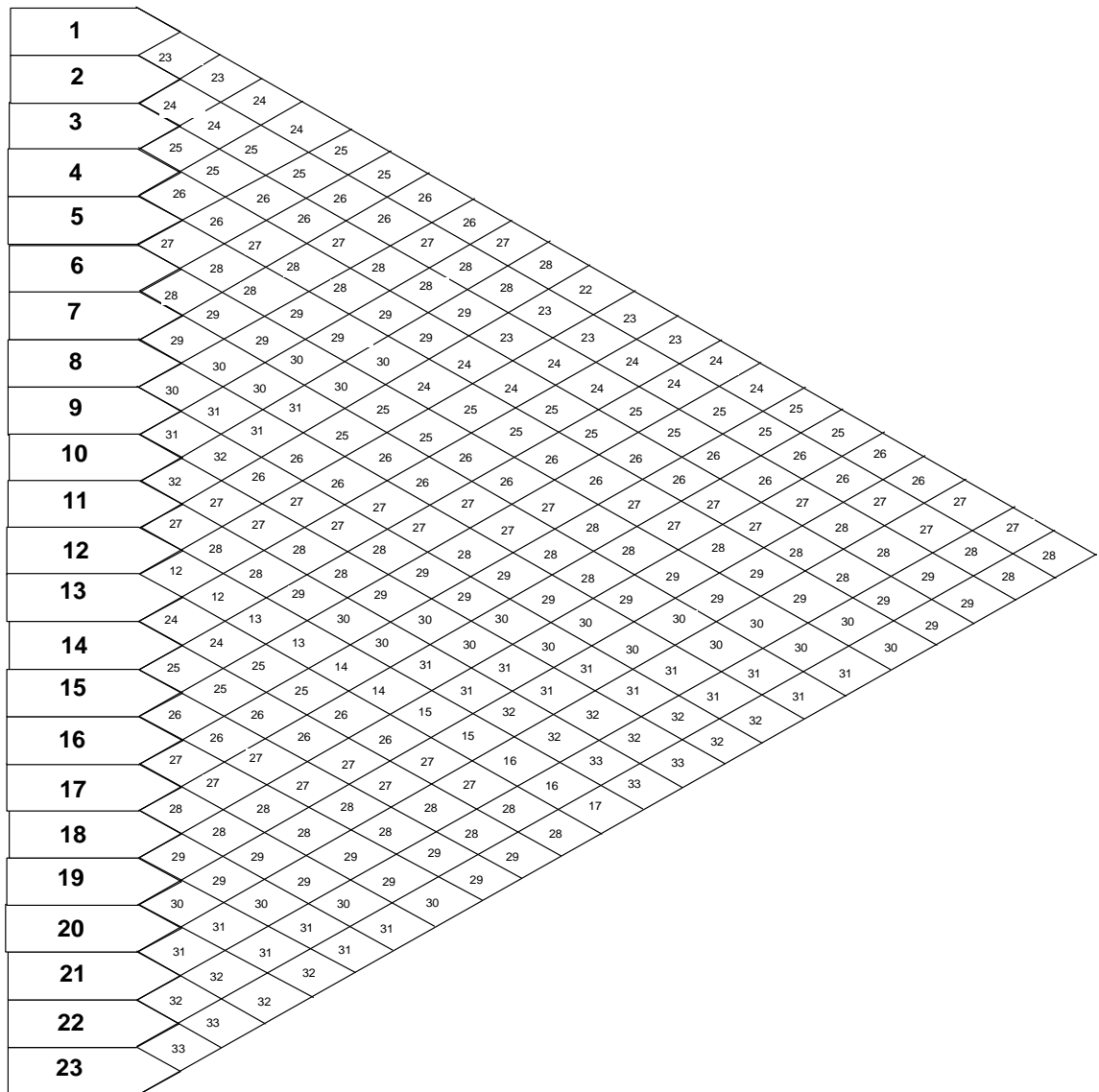


Figura 26. Diagrama de relaciones 43010725 con la ponderación del 11%

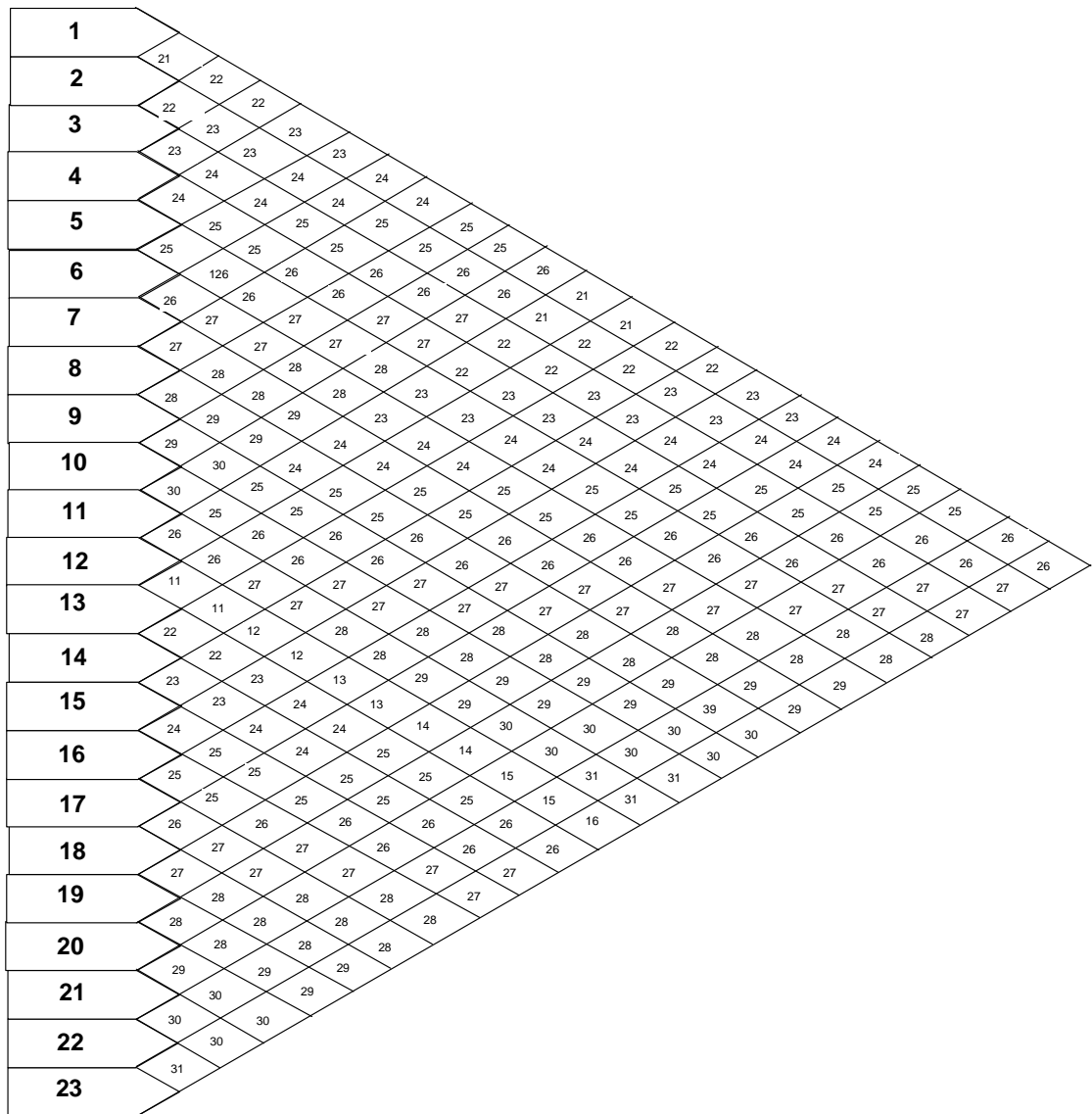


Figura 27. Diagrama de relaciones 43017232 con la ponderación del 9%

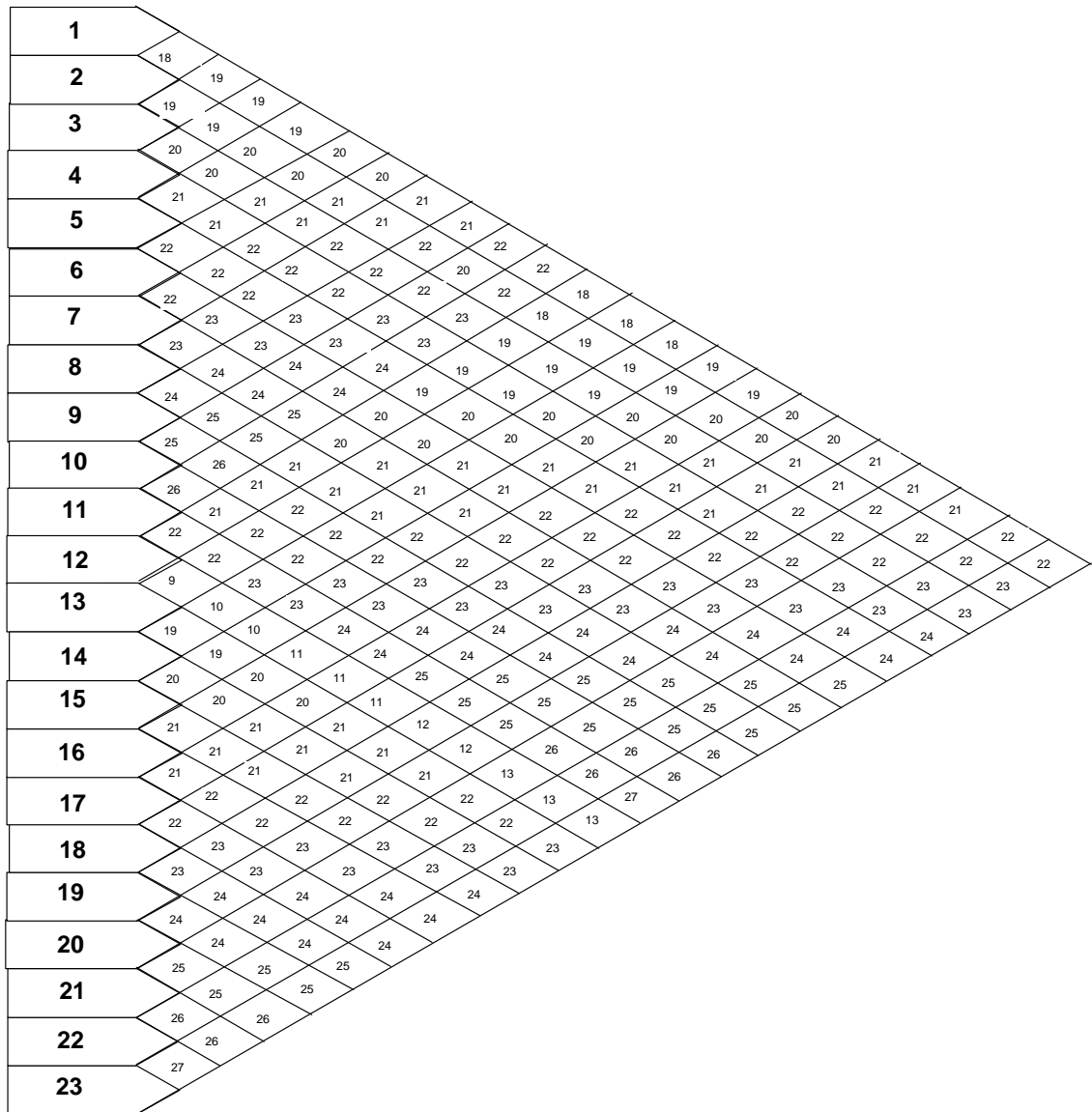
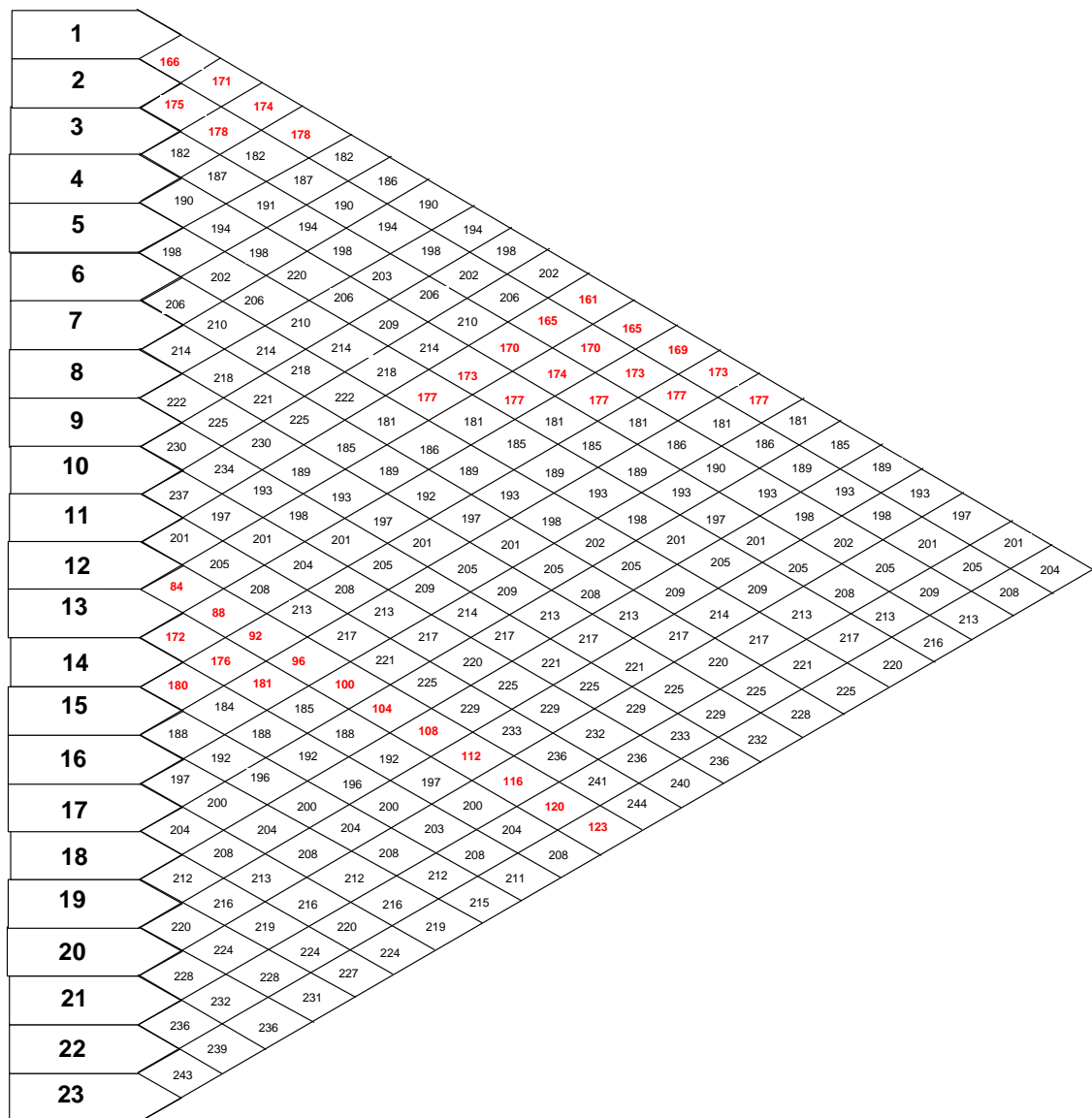


Figura 28. Diagrama de relaciones total ponderada de las distancias de almacenamiento en la bodega de semielaborados.



Para finalizar se realiza una tabla de resumen ordenado de menor a mayor las distancias.

Tabla 6. Movimientos totales ordenados por su porcentaje con relación al total.

RELACIONES	DISTANCIAS	%
12-13	84	0,17
12-14	88	0,17
12-15	92	0,18
12-16	96	0,19
12-17	100	0,20
12-18	104	0,21
12-19	108	0,21
12-20	112	0,22
12-21	116	0,23
12-22	120	0,24
12-23	123	0,24
1-12	161	0,32
2-12	165	0,33
1-13	165	0,33
1-2	166	0,33
1-14	169	0,33
3-12	170	0,34
2-13	170	0,34
1-3	171	0,34
13-14	172	0,34
4-12	173	0,34
2-14	173	0,34

RELACIONES	DISTANCIAS	%
1-15	173	0,36
1-4	174	0,37
3-13	174	0,37
2-3	175	0,37
13-15	176	0,37
5-12	177	0,37
4-13	177	0,37
3-14	177	0,37
2-15	177	0,37
1-16	177	0,37
2-4	178	0,38
1-5	178	0,38
14-15	180	0,38
13-16	181	0,38
4-14	181	0,38
6-12	181	0,38
5-13	181	0,38
3-15	181	0,38
2-16	181	0,38
1-17	181	0,38
3-4	182	0,38
2-5	182	0,38
1-6	182	0,38
14-16	184	0,39
13-17	185	0,39
7-12	185	0,39
5-14	185	0,39
4-15	185	0,39
1-18	185	0,39
1-7	186	0,39
6-13	186	0,39
3-16	186	0,39
2-17	186	0,39
3-5	187	0,39
2-6	187	0,39



RELACIONES	DISTANCIAS	%
15-16	188	0,46
14-17	188	0,46
13-18	188	0,46
8-12	189	0,46
7-13	189	0,46
6-14	189	0,46
5-15	189	0,46
4-16	189	0,46
2-18	189	0,46
1-19	189	0,46
4-5	190	0,46
2-7	190	0,46
1-8	190	0,46
3-17	190	0,46
3-6	191	0,46
14-18	192	0,47
15-17	192	0,47
13-19	192	0,47
7-14	192	0,47
9-12	193	0,47
8-13	193	0,47
6-15	193	0,47
5-16	193	0,47
4-17	193	0,47
3-18	193	0,47
2-19	193	0,47
1-20	193	0,47
4-6	194	0,47
3-7	194	0,47
2-8	194	0,47
1-9	194	0,47
15-18	196	0,48
14-19	196	0,48
16-17	197	0,48
10-12	197	0,48

RELACIONES	DISTANCIAS	%
8-14	197	0,57
13-20	197	0,57
7-15	197	0,57
4-18	197	0,57
1-21	197	0,57
4-7	198	0,57
9-13	198	0,57
1-10	198	0,57
6-16	198	0,57
5-17	198	0,57
3-19	198	0,57
2-20	198	0,57
5-6	198	0,58
3-8	198	0,58
2-9	198	0,58
16-18	200	0,58
15-19	200	0,58
14-20	200	0,58
13-21	200	0,58
11-12	201	0,58
10-13	201	0,58
9-14	201	0,58
8-15	201	0,58
7-16	201	0,58
5-18	201	0,58
4-19	201	0,58
2-21	201	0,58
1-22	201	0,58
5-7	202	0,59
4-8	202	0,59
2-10	202	0,59
1-11	202	0,59
6-17	202	0,59
3-20	202	0,59
3-9	203	0,59

RELACIONES	DISTANCIAS	%
14-21	203	0,74
17-18	204	0,74
16-19	204	0,74
10-14	204	0,74
15-20	204	0,74
13-22	204	0,74
1-23	204	0,74
11-13	205	0,75
9-15	205	0,75
8-16	205	0,75
7-17	205	0,75
6-18	205	0,75
5-19	205	0,75
4-20	205	0,75
3-21	205	0,75
2-22	205	0,75
6-7	206	0,75
5-8	206	0,75
4-9	206	0,75
3-10	206	0,75
2-11	206	0,75
15-21	208	0,76
14-22	208	0,76
13-23	208	0,76
17-19	208	0,76
11-14	208	0,76
16-20	208	0,76
10-15	208	0,76
7-18	208	0,76
4-21	208	0,76
2-23	208	0,76
4-10	209	0,76
9-16	209	0,76
8-17	209	0,76
6-19	209	0,76

RELACIONES	DISTANCIAS	%
5-20	209	1,03
3-22	209	1,03
6-8	210	1,04
5-9	210	1,04
3-11	210	1,04
14-23	211	1,04
18-19	212	1,05
16-21	212	1,05
15-22	212	1,05
17-20	213	1,05
11-15	213	1,05
10-16	213	1,05
8-18	213	1,05
7-19	213	1,05
5-21	213	1,05
4-22	213	1,05
3-23	213	1,05
7-8	214	1,06
5-10	214	1,06
4-11	214	1,06
9-17	214	1,06
6-20	214	1,06
6-9	214	1,06
15-23	215	1,06
18-20	216	1,07
17-21	216	1,07
16-22	216	1,07
4-23	216	1,07
11-16	217	1,07
10-17	217	1,07
9-18	217	1,07
8-19	217	1,07
7-20	217	1,07
6-21	217	1,07
5-22	217	1,07

RELACIONES	DISTANCIAS	%
7-9	218	1,71
6-10	218	1,71
5-11	218	1,71
18-21	219	1,72
16-23	219	1,72
19-20	220	1,73
17-22	220	1,73
10-18	220	1,73
7-21	220	1,73
5-23	220	1,73
7-10	221	1,73
11-17	221	1,73
9-19	221	1,73
8-20	221	1,73
6-22	221	1,73
8-9	222	1,74
6-11	222	1,74
19-21	224	1,75
18-22	224	1,75
17-23	224	1,75
11-18	225	1,76
10-19	225	1,76
8-21	225	1,76
7-22	225	1,76
6-23	225	1,76
8-10	225	1,77
7-11	225	1,77
9-20	225	1,77
18-23	227	1,78
20-21	228	1,79
19-22	228	1,79
7-23	228	1,79
11-19	229	1,79
10-20	229	1,79
9-21	229	1,79

RELACIONES	DISTANCIAS	%
8-22	229	4,63
9-10	230	4,65
8-11	230	4,65
19-23	231	4,68
20-22	232	4,70
10-21	232	4,70
8-23	232	4,70
11-20	233	4,72
9-22	233	4,72
9-11	234	4,73
21-22	236	4,77
20-23	236	4,77
11-21	236	4,79
10-22	236	4,79
9-23	236	4,79
10-11	237	4,80
21-23	239	4,84
10-23	240	4,85
11-22	241	4,87
22-23	243	4,92
11-23	244	4,94

La tabla arroja las ponderaciones en orden ascendente de los resultados de las interacciones entre las veinte y tres referencias producidas por la TM y la distancia mínima utilizada para ser almacenada en cualquiera de los veinte y tres lotes de la bodega, teniendo en cuenta que las bobinas higiénico Scott blanco, higiénico Scott natural, higiénico Kleenex blanco y las bobinas para servilleta blanca son las referencias que tienen mayor frecuencia de producción y requieren de espacio para ser almacenadas.

Para los casos de distribución de puestos se utiliza la calificación de las relaciones del PSD y la distribución según el espacio en pies o m<sup>2</sup> en los cuales se necesita representar en forma gráfica un diseño para su mejor interpretación. Sin embargo, para este caso las condiciones de distancias y tamaños de los lotes son homogéneos, y se iniciara el primer planteamiento de la distribución de los lotes de almacenamiento empleando hexágonos que representan cada lote, como otra opción. En este primer tanteo, se procura dejar en contacto los hexágonos que

representen los lotes de almacenamiento que tengan mayores movimientos de relación entre ellos. Se hace un croquis de esta primera distribución, siempre teniendo en cuenta la Tabla, si se desea se hacen varias combinaciones de situaciones de los puestos de trabajo.

Dada la forma como el espacio esta conformado en la bodega de almacenamiento.

Cuando la ordenamos de menor a mayor se escoge la menor por el caso de que estamos trabajando con distancias en el caso que sea frecuencia de movimientos se escogería la mayor.

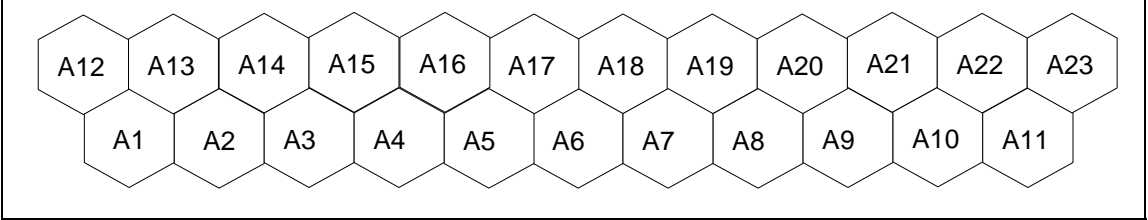
Para hacer las nuevas matrices se necesita el sumatoria del ponderado de cada referencia.

Tabla 7. Sugerencia de la distribución en lotes y las respectivas referencias.

A1	43010746
A2	43010725
A3	43015370
A4	43016230
A5	43010723
A6	43017180
A7	43010751
A8	43016231
A9	43015370
A10	43015262
A11	43018537

A12	43010757
A13	43017232
A14	43010731
A15	43018126
A16	43018678
A17	43019350
A18	43016449
A19	43018484
A20	43016417
A21	43010562
A22	43018992
A23	43019305

Figura 29. Tanteo de la distribución de los lotes de almacenamiento con sus respectivas referencias por medio de hexágonos





## **8. PARTICIPANTES**

Estudiante

July Lorena Bedoya Ibarra

Asesor

Ing. Luis Alfonso Garzón

Docente

## 9. METODOLOGIA

Para desarrollar un centro de trabajo, se debe seguir un procedimiento sistemático, el cual comprenderá las siguientes operaciones:

- Obtención de los hechos. Reunir todos los hechos importantes relacionados con el producto o servicio. Esto incluye dibujos y especificaciones, requerimientos cuantitativos. Requerimientos de distribución y proyecciones acerca de la vida prevista del producto o servicio.
  
- Presentación de los hechos. Cuando toda la información importante ha sido recabada, se registra en forma ordenada para su estudio y análisis. Un diagrama del desarrollo del proceso en este punto es muy útil.
  
- Efectuar un análisis. Utilícense los planteamientos primarios en el análisis de operaciones y los principios del estudio de movimientos para decidir sobre cuál alternativa produce el mejor servicio o producto. Tales enfoques incluyen: propósito de la operación, diseño de partes, tolerancias y especificaciones, materiales, procesos de fabricación, montajes y herramientas, condiciones de trabajo, manejo de materiales, distribución en la fábrica y los principios de economía de movimientos.
  
- Desarrollo del método ideal. Selecciónese el mejor procedimiento para cada operación, inspección y transporte considerando las variadas restricciones asociadas a cada alternativa.
  
- Presentación del método. Explíquese el método propuesto en detalle a los responsables de su operación y mantenimiento.

- Implantación del método. Considérense todos los detalles del centro de trabajo para asegurar que el método propuesto dará los resultados anticipados.
  
- Desarrollo de un análisis de trabajo. Efectúese un análisis de trabajo del método implantado para asegurar que el operador u operadores están adecuadamente capacitados, seleccionados y estimulados.
  
- Establecimiento de estándares de tiempo. Establézcase un estándar justo y equitativo para el método implantado.
  
- Seguimiento del método. A intervalos regulares hágase una revisión o examen del método implantado para determinar si la productividad anticipada se está cumpliendo, si los costos fueron proyectados correctamente y se pueden hacer mejoras posteriores.

Cuando se realizan estudios de métodos para perfeccionar un método de operación existente, la experiencia ha demostrado que a fin de lograr los máximos rendimientos, hay que seguir un procedimiento sistemático similar al propuesto para el diseño del centro de trabajo inicial.

## 10. PRESUPUESTO

Fotocopias .....	\$ 50.000
Sueldo x 4 meses.....	\$1.632.000
Pasajes x 4 meses.....	\$ 96.000
Papel bond una restma .....	\$ 12.000
Uso de servicios de internet.....	\$ 50.000
TOTAL .....	\$1.840.000

## 11. CONCLUSIONES

- El proyecto genera una solución al problema de falta de espacio al maniobrar los montacargas con el rollo duro dentro de la bodega, el riesgo de caerse un rollo al rozar una montacargas en una pila y el maltrato del material por rasgar los rollos con los pernos de las llantas traseras y la ultima punta del mástil del montacargas, dado que se propuso ampliar los módulos de los pasillos de 4.2m a 4.7m, los pasillos de 0.5m a 0.8m y la capacidad instalada reduce de 1.210,5 ton a 1.017,0 ton cumpliendo las normas mínimas para maniobrar el montacargas.
- Se utilizó la herramienta de la Planeación Sistemática de la Distribución de Muther en la distribución óptima para el almacenamiento de rollos duros según las frecuencias de las transacciones dentro de la bodega.
- A través de la aplicación de la Planeación Sistemática de la Distribución de Muther se tiene como resultado la distribución en el espacio físico de la bodega de los rollos que tienen mayor frecuencia de utilización con el fin de disminuir la manipulación de los materiales, aumentando como es lógico la eficiencia en el transporte, almacenaje y utilización de los mismos.
- Es importante tener en cuenta que para cada tipo de material y según el movimiento que se vaya a realizar existe un tipo de transporte adecuado para ello, lo cual se consideró en la matriz de distribución.
- Se reglamentó la utilización de los elementos de señalización con el fin de proporcionar ambiente seguro en el trabajo.

- Se determinó hacer el apilamiento al tres (3), es decir arrumar tres pisos de rollos duros de gran tamaño, en el método de apilamiento los materiales deben cumplir una propiedad de ser autoportante, es decir ser capaces de soportar el mismo peso sin afectar sus condiciones físicas.
- Se presento los diferentes métodos de almacenamiento y las herramientas manuales y automatizadas que existen para realizar el almacenamiento.
- Se pudo tener en cuenta todos los sistemas de tipos de transporte que existen para mover materiales y su capacidad de manipulación, con el fin de elegir los mas apropiados para la labor estudiada.

## **12. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda verificar en un tiempo de siete meses la eficiencia de las medidas adoptadas como políticas en este estudio.
- En estudios posteriores se recomienda tener como punto de partida el presente estudio, con el fin de proyectar los alcances del mismo.
- Es posible acoplar futuros estudios con el presente, con el fin de complementarlos.

## BIBLIOGRAFIA

EVERETT E., Adam. Administración de la producción y las operaciones. Conceptos, Modelos y Comportamiento Humano. Bogotá: Editorial Prentice / Hall Internacional, 1978. 564 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Santa fe de Bogota D.C.: ICONTEC, 2007. 30 p.

LOCKYER, Keith. Control de Calidad y producción Industrial. México: Alfaomega Grupo Editor, 1990. 843 p.

MAYER, Raymond R. Gerencia de producción y operaciones. Bogotá: McGraw-Hill, 1977. 527 p.

NIEBEL, Benjamín. Ingeniería Industrial Métodos, Estándares y diseño del trabajo. 10 ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2001. 1205 p.

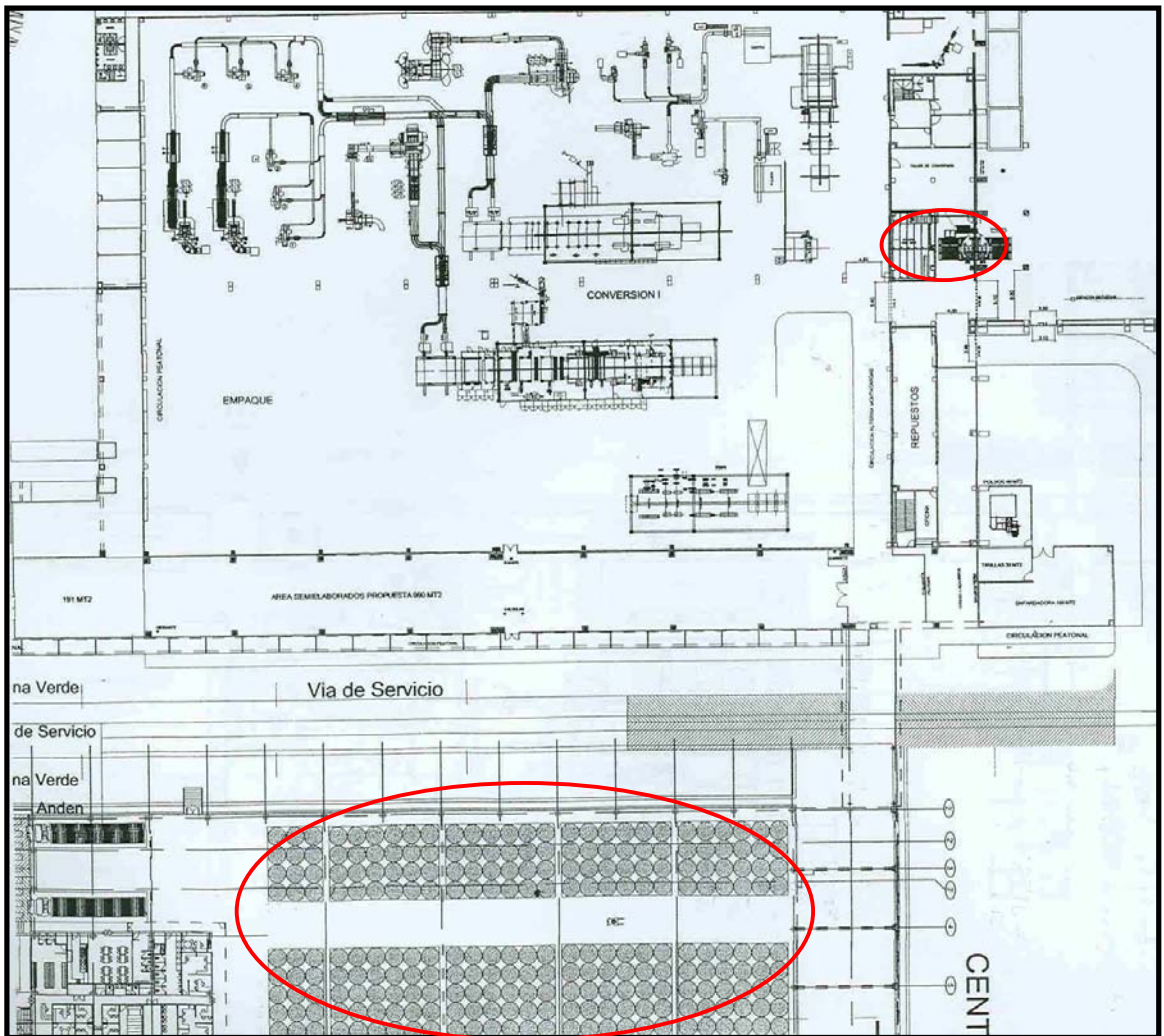
PIÑAR, Manuel. Manejo de materiales (en línea). México: Distribución de almacenes, 2002. (Consultado 05 de julio de 2006). Disponible en Internet: <http://rincondelvago.com/00044595/>

SALVENDY, Gabriel. Ingeniería Industrial. Bogotá: Limusa Noriega Editores, 1991. 651 p.

VILLALVA, Juana. Almacenes (en línea). Bogota: Definición de Almacenes, 2004. (Consultado 15 de Agosto, 2006). Disponible en Internet: <http://www.monografias.com/trabajos12/alma/alma.shtml/>



**Anexo A.** Plano donde se divide la bodega de producto semielaborado en Papeles del Cauca S.A



Fuente: Biblioteca de Papeles del Cauca S.A.