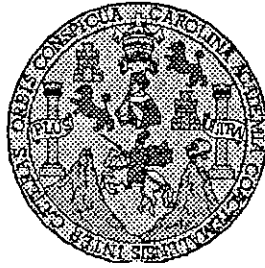


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CENTRALIZACIÓN DEL  
ALMACÉN GENERAL EN UNA FÁBRICA Y EMBOTELLADORA DE  
BEBIDAS

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDNA ROCÍO MARTÍNEZ CABRERA  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERA INDUSTRIAL

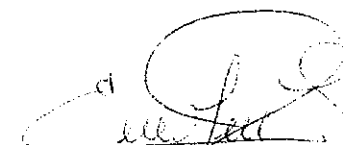
Guatemala, octubre de 1999.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CENTRALIZACIÓN DEL  
ALMACÉN GENERAL EN UNA FÁBRICA Y EMBOTELLADORA DE  
BEBIDAS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 16 de abril de 1999.



Edna Rocío Martínez Cabrera

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NOMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1°	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2°	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3°	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL 4°	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL 5°	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. José Cecilio Baeza Gamar
EXAMINADOR	Ing. Edgar René Quevec Robles
EXAMINADOR	Ing. Jorge Alfredo Fuentes Tintí
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

Guatemala, 11 de Mayo de 1999

Ingeniero  
José Francisco Gómez Rivera  
Director de la Escuela de Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

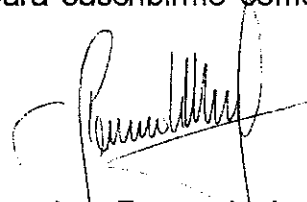
En atención a la designación que se me hiciera, tengo el agrado de informarle que he completado la asesoría y revisión del trabajo de tesis titulado **"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CENTRALIZACIÓN DEL ALMACÉN GENERAL EN UNA FÁBRICA Y EMBOTELLADORA DE BEBIDAS"**, presentado por la bachiller **EDNA ROCÍO MARTÍNEZ CABRERA**, como requisito previo a obtener el título de Ingeniero Industrial.

El contenido y desarrollo del tema son de interés y tienen consistencia con la orientación que debe tener la carrera de Ingeniería Industrial en la actualidad.

El trabajo presentado logra alcanzar los objetivos trazados con lo que se espera mejorar las condiciones de almacenaje de productos en general dentro de la empresa y por consiguiente prestar un mejor servicio a los clientes tanto internos como externos (Proveedores).

Considero que el trabajo de mérito satisface los requisitos que establece la legislación universitaria, por lo que debe ser aprobado para su examen público de tesis.

Sin otro particular aprovecho la oportunidad para suscribirme como su atento servidor,



Ing. Fernando José Meneses  
Asesor  
Colegiado no. 534.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Catedrático Revisor de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor de Tesis al trabajo de tesis titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CENTRALIZACION DEL ALMACEN GENERAL EN UNA FABRICA Y EMBOTELLADORA DE BEBIDAS**, presentado por la estudiante universitaria **Edna Rocío Martínez Cabrera**, aprueba el presente trabajo y recomienda la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Luis Valdeavellano  
Catedrático Revisor de Tesis  
INGENIERÍA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, agosto de 1999

emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CENTRALIZACION DEL ALMACEN GENERAL EN UNA FABRICA Y EMBOTELLADORA DE BEBIDAS**, presentado por la estudiante universitaria **Edna Rocío Martínez Cabrera**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Francisco Gómez Rivera  
DIRECTOR  
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, septiembre de 1999.

emds

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

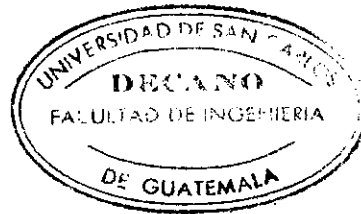


FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA CENTRALIZACION DEL ALMACEN GENERAL EN UNA FABRICA Y EMBOTELLADORA DE BEBIDAS**, presentado por la estudiante universitaria **Edna Rocío Martínez Cabrera**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Herbert René Miranda Barrios  
DECANO



Guatemala, septiembre de 1,999.

emds

## **ACTO QUE DEDICO**

### **A DIOS**

Por su gran amor a lo largo de toda mi vida.

### **A MIS PADRES**

Marco Tulio Martínez

María Luz Cabrera Ogáldez, por darme la vida,  
principalmente a mi madre por su amor y dedicación

### **A MIS HERMANOS**

Marco Antonio, Maritza Ninette y Magda Corina, por ser  
mis mejores amigos y compañeros de siempre

### **A MIS SOBRINOS**

Manuel Antonio y Edna Liset, por ser mis grandes amigos

### **A USTED**

especialmente.



## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Cervecería Centroamericana, S. A.**

Por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto, así como a las personas dentro de esta organización las cuales colaboraron para que llevara a cabo mi trabajo.

### **Al Doctor Juan Escamilla Castillo**

Por su gran amistad y ayuda en la realización de mi trabajo de tesis.

### **A la Ingeniera Gilda Castellanos de Illescas**

Por su colaboración en la culminación de mi trabajo de tesis.

### **A Alberto de León Zea**

Por su gran amistad y ayuda en la realización de mi trabajo de tesis.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	X
GLOSARIO	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
OBJETIVOS	XIV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1 Administración y control de inventarios	1
1.1.1 El objetivo del inventario.	1
1.1.2 Tipos de inventario	3
1.1.3 Análisis de estratificación ABC.	5
1.1.4 Inventario excedente u obsoleto (clase D)	7
1.2 Teoría de colas	9
1.2.1 Desempeño del sistema	11
1.2.2 Clasificación de los sistemas de líneas de espera	11
1.2.3 Modelo de Poisson de un solo servidor	11
1.2.4 Modelos de Poisson de servidores múltiples	14
1.3 Almacenaje	16
1.3.1 Concepto	16

1.3.2	Niveles de almacenamiento	16
1.3.3	Diseño de bodega	18
1.3.3.1	Equipo de bodega	21
1.4	Manejo de materiales	24
1.4.1	Equipo para el manejo de materiales unitario y empacado	25
1.4.1.1	Tarimas y operaciones de entarimado	25
2.	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	29
2.1	Definición	29
2.2	Almacenes actuales	29
2.2.1	Almacén general	29
2.2.2	Bodega de material de envase	30
2.2.3	Sub-almacén de repuestos 1	31
2.2.4	Sub-almacén de repuestos 2	31
2.2.5	Bodega de químicos	31
2.3	Materiales y productos	32
2.3.1	Características	32
2.3.2	Rotaciones	34
2.3.3	Clasificación	36
2.4	Servicio a los clientes	38
2.4.1	Personas	38

2.4.2	Camiones	42
2.4.3	Entrega de materiales	46
2.5	Manejo de materiales	51
3.	ANÁLISIS DE PROPUESTAS	65
3.1	Definición	65
3.1.1	Propuesta 1	65
3.1.2	Propuesta 2	65
3.1.3	Propuesta 3	66
3.2	Análisis de capacidad de áreas propuestas	66
3.2.1	Área A	68
3.2.1.1	Espacios	68
3.2.1.2	Accesos	69
3.2.1.3	Condiciones ambientales	69
3.2.1.4	Capacidad de almacenaje	69
3.2.2	Área B	76
3.2.2.1	Capacidad de almacenaje	76
3.2.3	Área C	79
3.2.3.1	Capacidad de almacenaje	79
3.3	Prueba de viabilidad	80
3.3.1	Propuesta 1	80
3.3.2	Propuesta 2	80

3.3.3	Propuesta 3	82
3.4	Análisis de servicio para las opciones que pasaron la prueba de viabilidad	83
3.4.1	Sistema de información	83
3.4.2	Servicio a clientes	86
3.4.2.1	Personas	86
3.4.2.1.1	Opción A	86
3.4.2.1.2	Opción B	87
3.4.2.2	Camiones	87
3.4.2.2.1	Opción A	87
3.4.2.2.2	Opción B	88
3.4.2.3	Entrega de materiales	88
3.4.2.3.1	Opción A	88
3.4.2.3.2	Opción B	89
3.4.3	Manejo de materiales	89
3.4.3.1	Opción A	89
3.4.3.2	Opción B	96
3.5	Evaluación por factores de las opciones	100
4.	ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS	103
4.1	Materiales obsoletos	103
4.1.1	Descripción	103

4.1.1.1	Repuestos	103
4.1.1.2	Equipo de oficina	103
4.1.1.3	Materiales varios	104
4.1.2	Plan de eliminación	105
4.2	Acondicionamiento físico para almacenaje	106
4.2.1	Listado de condiciones no adecuadas	106
4.2.2	Presupuesto de mejoras.	109
CONCLUSIONES		112
RECOMENDACIONES		115
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		117
BIBLIOGRAFÍA		118
ANEXOS		119

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## Figuras

No.	Título	Pag.
1	Dimensiones comunes de un claro	20
2	Derivación de la altura del techo	21
3	Montacargas de contrapeso más comunes. Estibador	24
4	Tarima común de madera de cuatro sentidos y dos caras	26
5	Estibador automático de cajas de cartón en tarimas	27
6	Patrones adecuados para la interconexión de tarimas y cargas unitarias estables	28
7	Niveles de rotación	35
8	Análisis de estratificación ABC de productos	37
9	Especificaciones del montacargas utilizado en la empresa	49
10	Diagrama de flujo del proceso No. 1	54
11	Diagrama de flujo del proceso No. 2	56
12	Diagrama de flujo del proceso No. 3	58
13	Diagrama de flujo del proceso No. 4	60

14	Diagrama de flujo del proceso No. 5	62
15	Diagrama de recorrido de entrega de materiales a producción. Estado actual.	64
16	Historial de la llegada de productos al almacén.	67
17	Código de barras típico	84
18	Forma en que se utiliza la identificación del producto para controlar los movimientos	85
19	Diagrama de flujo del proceso No. 6	91
20	Diagrama de flujo del proceso No. 7	93
21	Diagrama de recorrido de entrega de materiales a producción. Opción A.	95
22	Diagrama de flujo del proceso No. 8	97
23	Diagrama de recorrido de entrega de materiales a producción. Opción B.	99
24	Almacén General y Bodega de Químicos	119
25	Bodega de Material de Envase	120
26	Sub-almacén de repuestos 1	121
27	Sub-almacén de repuestos 2	122
28	Sótano de Salones de Embotellado. Descripción de áreas	123



29	Sótano de Salones de Embotellado. Áreas disponibles para almacenaje	124
30	Sótano de Salones de Embotellado. Distribución de áreas para almacenaje	125
31	Bodega de Material de Envase. Distribución de áreas para almacenamiento de material de envase	126
32	Bodega de Materia Prima	127

## TABLAS

No.	Título	Pag.
I	Nivel de rotación	34
II	Análisis de estratificación ABC	36
III	Resultados promedio del servicio a personas	40
IV	Resultados promedio del servicio a camiones	44
V	Resultados promedio del servicio de entrega de Materiales	48
VI	Requerimientos en tarimas de material de empaque para cumplir con el plan de mercadeo 1999.	74
VII	Distribución de áreas en el Área A para almacenaje de material de empaque y traslado de Bodega de Químicos	75
VIII	Requerimientos en tarimas para cubrir la demanda de material de envase de acuerdo al plan de mercadeo 1999	77
IX	Distribución de áreas para almacenaje de material de envase en las bodegas 1 y 2	78
X	Evaluación por factores de las opciones	102
XI	Listado de cambios físicos necesarios para almacenamiento	107

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>c</b>	=	número de servidores en paralelo
<b>K</b>	=	límite de la capacidad del sistema
<b>L</b>	=	número promedio de unidades en el sistema en un período relativamente largo
<b>Lq</b>	=	número promedio de unidades en la línea de espera en un período relativamente largo
$\lambda$	=	razón media de llegadas
$\lambda_n$	=	razón media de llegadas, dada <b>n</b> en el sistema
$\mu$	=	razón media de servicio
$\mu_n$	=	razón media de servicio, dada <b>n</b> en el sistema
<b>Pn</b>	=	probabilidad del estado estable de <b>n</b> en el sistema
<b>Pn(t)</b>	=	probabilidad de <b>n</b> en el sistema en un tiempo <b>t</b>
<b>W</b>	=	tiempo promedio de espera de las unidades dentro del sistema en un período relativamente largo
<b>Wq</b>	=	tiempo promedio de las unidades en la línea de espera en un período relativamente largo.
$\Sigma$	=	sumatoria.

## GLOSARIO

<b>Almacén</b>	Casa o edificio donde se venden o guardan cualesquiera géneros.
<b>Almacenar</b>	Poner, guardar en algún almacén.
<b>Capacidad</b>	Extensión o espacio de un sitio o local.
<b>Centralizar</b>	Reunir varias cosas en un centro común o hacerlas depender de un poder central.
<b>Clasificación ABC</b>	Se fundamenta en los pocos significativos y los muchos insignificantes.
<b>Demanda</b>	Conjunto de productos que los consumidores están dispuestos a adquirir.
<b>Factible</b>	Que se puede hacer.
<b>Inventario</b>	Es una cantidad almacenada de materiales que se utilizan para satisfacer las demandas del consumidor.
<b>Jaba</b>	Especie de cesto de diversos materiales.

<b>Opción</b>	Facultad o libertad de elegir.
<b>Pasillo</b>	Pieza de paso, larga y angosta de cualquier edificio.
<b>PET</b>	Siglas en inglés que significan envase plástico no retornable.
<b>Presupuesto</b>	Cómputo anticipado del coste de una obra, de gastos o rentas, etc.
<b>Pronanel</b>	Plancha que se utiliza como pared construida por astillas de madera y cola.
<b>"Stock"</b>	Palabra en inglés que significa existencias.
<b>Viable</b>	Dícese del asunto que tiene probabilidades de poderse llevar a cabo.
<b>"Videoget"</b>	Máquina utilizada para colocar el número de lote de producción y la fecha de vencimiento de los productos.

# INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este proyecto es importante ya que es de gran utilidad para la empresa en cuestión debido a que las condiciones actuales de almacenaje no cumplen con los requerimientos de una empresa que persigue eficiencia en toda su operación. Este proyecto consiste en determinar la factibilidad de centralizar el almacén general, evaluando varias propuestas y entre estas escoger aquella que proporcione un almacén general donde se llevará un mejor control de los materiales con un orden apropiado que facilite su manejo y por consiguiente la satisfacción de los clientes. Para esta evaluación de factibilidad se realiza un estudio detallado de la capacidad de almacenaje de las áreas que se proponen para la centralización ya que de este factor depende la posibilidad de llevarse a cabo cada propuesta. Lleno este requisito se analiza el servicio a clientes, y mediante una evaluación por factores se determina que propuesta se considera idónea.

Esta investigación es de utilidad para el profesional que desee mejorar las condiciones de almacenaje en su empresa.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

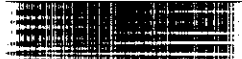
Mejorar las condiciones de almacenaje de productos en general y el servicio a clientes mediante la centralización del Almacén General.

### **ESPECIFICOS:**

- 1 Eliminar la duplicación de existencias en el Almacén General y los sub-almacenes, con lo que se pretende mejorar el control de inventarios.
- 2 Establecer cuales son las familias de materiales que se manejan en los almacenes actuales tomando en cuenta sus características, importancia, rotaciones y clasificación.
- 3 Determinar el porcentaje de utilización de espacios en los almacenes actuales.
- 4 Medir la tasa de servicio a los clientes.
- 5 Determinar cuantos servidores en paralelo se necesitan para dar un buen servicio a los clientes.

- 6 Establecer cual es la cantidad de materiales obsoletos o tipo D, y evaluar como se pueden eliminar.
  
- 7 Determinar cual de las propuestas se considera más factible para la centralización del almacén.
  
- 8 Conocer cual es el monto del presupuesto por acondicionamiento físico para almacenaje de las áreas que se involucran en las propuestas.





# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Administración y control de inventarios

### 1.1.1 El objetivo del inventario

El inventario es el material o los suministros que se tienen para el uso o las ventas futuras. En general, se trata de bienes terminados que esperan el pedido de un cliente, pero puede tratarse también de bienes o materiales destinados a la producción o a la transformación en bienes terminados para el cliente.

No hace muchos años, los directivos pensaban que el inventario era una cosa buena; se veía como un activo valioso sobre la hoja de balance. Sin embargo, como la competencia comercial se ha intensificado y los costos han aumentado, el inventario ha llegado a verse de manera un tanto diferente.

El inventario tiene los siguientes costos: Capital inmovilizado, espacio de almacenaje, manejo, obsolescencia y los costos de mantenimiento de inventario. Hay una carga o costos indirectos importantes en el mantenimiento de materiales o de inventario, así como costos indirectos asociados con los costos de mano de obra. El inventario, en el pasado, se había considerado como una existencia de seguridad o amortiguamiento, para cubrir la mala planificación o el mal desempeño así como para protegerse de la incertidumbre en la demanda o de la variabilidad en el proceso de abastecimiento.

Las compañías ya no pueden darse el lujo de tener amortiguadores de inventario o **existencias de seguridad excesivas**, si quieren ser competitivas en los mercados globales. Mientras que para algunas compañías es necesario tener algún inventario, manejarlo y controlarlo de manera eficiente ha llegado a ser una prioridad; para otras, el inventario excesivo representa un costo, un derroche, un disfraz para la mala planificación. De hecho, demasiado inventario puede incluso considerarse como un pasivo.

El inventario es, en esencia, una función de tres cosas: La incertidumbre de la demanda, la variabilidad del proceso y el tiempo de ciclo del proceso.

Tres tipos de variabilidad o incertidumbre pueden necesitar de inventarios: (1) la demanda, (2) la producción y (3) Los suministros. Estos son factores importantes en la planificación, el control y la administración del inventario.

**La demanda del cliente.** Dependiendo del ambiente de la industria y la manufactura, es necesario, por lo general, tener ciertos inventarios de bienes terminados, con el fin de satisfacer los pedidos del cliente con base al tiempo. La cantidad o el tipo de inventario se rige por la necesidad de satisfacer o superar el tiempo de entrega de la competencia. Otro factor que se debe considerar es la incertidumbre de la demanda del cliente. De manera que pueda planearse un amortiguador de bienes terminados para prevenir las variaciones razonables en la demanda del cliente. Recuerde, mientras mejor se realicen la planificación y el pronóstico de la demanda de bienes terminados, se necesitará un menor inventario para la incertidumbre o la variabilidad de la demanda.

**La producción.** El proceso de producción puede tener variabilidad o incertidumbre debido a problemas de calidad, de confiabilidad de proceso, de herramientas y de

disponibilidad de recursos. Un inventario de material en proceso proporciona un amortiguador o una existencia de seguridad contra la incertidumbre que puede desorganizar el proceso de producción. El inventario apropiado del trabajo en proceso que garantiza la eficiencia de las operaciones internas de la compañía. Recuerde, que a mejor planificación, programación y menor tiempo de ciclo, se necesitará un menor inventario para la incertidumbre o la variabilidad de la demanda.

**La cadena de abastecimiento.** El inventario se requiere, también para la operación equilibrada de la cadena de abastecimiento, del proveedor al fabricante. El inventario de materia prima puede necesitarse como protección contra la variabilidad o incertidumbre en el abasto, tal como los problemas del proveedor, el transporte y la confiabilidad de los proveedores, para permitir un abasto equilibrado de materias primas y piezas.

### 1.1.2 Tipos de inventario

En la compañía común, se encuentran muchos tipos de inventarios, que se clasifican y ubican según su propósito o uso. Tres categorías importantes se aplican al inventario en relación primordial con el proceso de producción.

**Materias primas.** La compañía adquiere las materias primas sin procesar, las cuales necesitan una mayor elaboración o transformación para convertirlas en parte de un producto final. Los ejemplos son materias primas básicas con las que se comienza el proceso de producción, tales como de mineral de hierro, petróleo crudo y madera o bien, materiales procesados para uso general: acero, madera o sustancias químicas y similares. Estos son los materiales para las operaciones

primarias y este inventario existe a manera de protección con la variabilidad del abasto.

**El trabajo en proceso.** Incluye todos los materiales de producción sobre los que la compañía ha realizado operaciones de fabricación, procesamiento o transformación, pero que no están aún en la forma terminada. Están en proceso de transformación y el inventario es la protección contra la variabilidad en el proceso de producción. Otra categoría que puede considerarse como parte de este inventario recibe, con frecuencia, el nombre de piezas terminadas, lo que significa que son piezas a completar o componentes que se almacenan para usarse en el ensamble final de los productos o pueden, también, venderse como refacciones.

**Los productos terminados.** Esto cubre todos los productos o bienes terminados, producidos y almacenados, que esperan venderse o enviarse a los clientes finales. El inventario de bienes terminados protege contra la variabilidad de la demanda del cliente.

Además de estas tres clasificaciones principales, hay clases de inventario adicionales que pueden encontrarse con frecuencia en otras ubicaciones.

**Piezas de servicio.** Las partes que suelen llamarse refacciones, piezas de repuesto o repuestos, se usan para mantener el producto o el equipo que la compañía vende o atiende. Este inventario puede almacenarse en el sitio de producción de las piezas terminadas o distribuirse y almacenarse con los distribuidores, los lugares de servicio o los sitios que están estrechamente ligados a la reparación o al mantenimiento del producto final.

**Distribución.** Los bienes terminados, así como también las piezas de servicio, se ubican, se almacenan o se transportan en los depósitos de toda la red de

distribución y pueden abarcar los que posee la compañía, así como las bodegas que incluyen los bienes que se embarcaron pero aún no se reciben o ni han facturado los distribuidores, los minoristas u otros clientes y las existencias a consignación, además de los bienes que pertenecen al fabricante pero lo tiene a consignación el probable proveedor.

**Suministros.** Los artículos que se usan para apoyar o mantener las operaciones, ya sea en la fábrica o en la oficina, pero que no llegan a formar parte del producto terminado, se clasifican con una diversidad de nombres, incluyendo los de almacenes generales, reparación de mantenimiento y suministros para la operación. También se incluyen los artículos que no están destinados a la producción, que la compañía suele almacenar para consumirlos en las operaciones de la planta u oficina o se necesitan para mantener los edificios o equipos. Estos son artículos para el mantenimiento de la planta, la reparación de máquinas, el consumo de la planta o de la producción, artículos de oficina, etc. Estos artículos suelen gastarse.

Todos estos inventarios deben administrarse y controlarse con el propósito disciplinario de tener el material disponible mientras se minimiza la inversión para lograr la máxima eficiencia en todas las áreas del proceso del negocio.

### **1.1.3 Análisis de estratificación ABC**

Vilfredo Pareto, economista italiano, dijo que un porcentaje pequeño de los artículos de un grupo constituye el grueso de lo que le corresponde de costos, valor, impacto y similares. Esta regla - la ley de Pareto - tiene muchas aplicaciones. Por ejemplo, un porcentaje pequeño de clientes es, con frecuencia, responsable del mayor porcentaje del volumen de ventas. De manera similar, un porcentaje más grande de pedidos diferidos.

En la compañía común de fabricación y distribución, suele suceder que el 20% de los artículos de inventario constituyan el 80% del valor del inventario, mientras que el 80% de los artículos del inventario pueden constituir tan solo un 20% del valor del mismo. El análisis de estratificación aplica esta regla en una herramienta tradicional de la administración del inventario.

**El análisis ABC.** Los artículos del inventario se clasifican de acuerdo con su volumen anual en dinero. El análisis **ABC** hace un inventario de los artículos según el orden de volumen decreciente de dinero y etiqueta los artículos de alto volumen en dinero como **A**, los artículos de volumen medio, en dinero, como **B** y los artículos de bajo volumen en dinero como **C**. Para generar un informe de análisis **ABC** haga lo siguiente:

1. Calcule el volumen anual, en dinero, de cada artículo del inventario, multiplicando el costo unitario del artículo por su volumen anual de uso.
2. Genere un informe en una secuencia de volumen decreciente, en dinero, mostrando los artículos, el uso anual, los costos unitarios, los volúmenes anuales en dinero y los conteos del artículo.
3. Calcule los totales acumulativos y los porcentajes para los conteos de artículos y los volúmenes anuales, en dinero, artículo por artículo. El objetivo de este paso es separar las tres clases de inventario. No es necesario realizar estos cálculos para cada artículo de la lista. Observe el paso 4.
4. Establezca las categorías A, B y C con base en el conteo acumulativo del artículo y los porcentajes de volumen. Por ejemplo, un fabricante puede decidir poner un 10% del total de artículos del inventario en la clase A, un

30% en la clase B y un 60% en la clase C. Como los artículos ya se han ordenado según el volumen decreciente en dinero, el pequeño porcentaje de artículos de la clase A, constituirá, por lo general, un gran porcentaje del volumen anual en dinero que será, a menudo, algo como el 80% o más.

Con base en el análisis ABC del inventario, la administración puede adaptar procedimientos apropiados de planeación y control para cada clase del inventario.

Los artículos de la clase A reciben la mayor atención, puesto que constituyen en volumen más grande, en dinero, aunque son relativamente pocos en número en la mayoría de los casos. Aumentando el control sobre estos artículos, se pueden guardar menos en existencias. Los administradores pueden nivelar mejor el tiempo que invierten en el control de inventarios, concentrados en estos artículos de alto volumen en dinero. De esta manera, la administración puede aplicar un mayor control sobre los costos de pedido y control, para reducir el costo total del inventario.

#### **1.1.4 Inventario excedente u obsoleto (clase D)**

Para efectos de administración y control del inventario, hay otra clase de inventario, el inventario obsoleto o excedente, a veces llamado **clase D**.

**El inventario excedente.** Es inventario útil, aunque con existencias excedentes o extras que están disponibles por encima de la tasa de uso normal, por lo común, para el siguiente año. Debido a que no hay requerimientos de pronóstico para este inventario dentro del siguiente año, el guardar los artículos disponibles excedentes o de movimiento lento, simplemente aumenta el total de los costos de mantenimiento del inventario. Los artículos excedentes que se retienen demasiado



tiempo, al final pueden llegar a ser obsoletos.

**El inventario obsoleto.** Está formado por artículos que ya no están en demanda. Esto puede deberse a que los artículos sean perecederos, tengan una vida de estante y hayan **caducado** o porque ya no estén de moda o hayan llegado a ser tecnológicamente obsoletos. Puede que ya no se usen en los productos a causa de un cambio de diseño.

La obsolescencia es un problema agudo para los productos de consumo. Por ley, muchos productos llevan fechas de caducidad. Tales artículos incluyen rollos de película fotográfica, mercancías enlatadas, medicinas, alimentos y productos lácteos. Una vez que estos bienes pasan de sus fechas de caducidad, son invendibles, **obsoletos** y deben desecharse o destruirse.

Los artículos de moda y de alta tecnología pueden llegar a ser obsoletos con rapidez, a causa de lo cambiante de los estilos y los cortos ciclos de vida de los productos. Ejemplos de estos artículos son la ropa, cosméticos, artículos electrónicos y computadoras. Las ventas actuales de estos tipos de productos no son siempre pronosticadores exactos de la continuidad de la demanda futura.

Con frecuencia, las compañías desechan alrededor de un 10% o más, del valor de sus inventarios totales cada año, debido a la obsolescencia. Esto se descuenta de las ganancias netas de manera directa. Si bien, cierta obsolescencia puede ser ineludible, muchas compañías encuentran que pueden reducir sus desperdicios al 5% o incluso a una cantidad menor, mediante un mejor control del inventario.

Muchas compañías cuentan con reservas contables para los inventarios obsoletos o excedentes, que anticipan el desecho de un 25% anual, durante 4

años, para evitar esta pérdida total. El objetivo debiera de reducir el inventario obsoleto y excedente, determinando sus causas y solucionándolas, cuando sea posible. Los problemas internos, tales como listas de materiales poco exactas o cambios de diseño y sobreproducción, pueden identificarse y corregirse. Incluso los cambios imprevistos en la demanda externa deben identificarse y administrarse por medio de la acción y el reconocimiento oportunos. Como mínimo, deben de tenerse de inmediato, las adquisiciones adicionales de material para el que ya no haya necesidad de pronósticos.

Los sistemas de advertencia oportuna que detectan la posibilidad de que haya artículos excedentes o de movimiento lento, permiten a los administradores efectuar las acciones preventivas antes de que los artículos lleguen a convertirse en excedentes y obsoletos. La administración deberá evaluar, con cuidado, las opciones de eliminación para todos aquellos artículos que lleguen a ser excedentes u obsoletos, de manera que se determine la recuperación más lucrativa del valor del bien.

## **1.2 Teoría de colas**

Las líneas de espera o colas, los cuellos de botella y otros fenómenos diferentes relacionados con el congestionamiento que conduce a las demoras, existen en casi todos los tipos de sistemas de producción y de servicios. Algunos ejemplos de esto incluyen el flujo de tráfico de vehículos en las intersecciones, en las ventanillas de almacenes de herramientas, en las cajas de los bancos, en los inventarios en proceso de las fábricas y en innumerables ambientes en los cuales un mecanismo de servicio satisface las demandas que ocurren en forma aleatoria.

### 1.2.1 Desempeño del sistema

Cada persona asociada con un sistema de líneas de espera generalmente está tratando de optimizar algo. Los clientes que esperan el servicio, que sienten que podrían aprovechar mejor el tiempo si pudieran estar en cualquier otro lado en ese momento, por lo general están descontentos con las esperas prolongadas. Por lo tanto, quieren que el tiempo total que pasen dentro del sistema se reduzca al mínimo. Los servidores están limitados, por un lado, por el aburrimiento cuando la demanda de las tareas es baja y, por el otro lado, por la fatiga cuando la demanda es alta. Lo ideal sería que, la carga de trabajo del servidor estuviera coordinada para que éste lleve a cabo a un paso o velocidad apropiada. Un gerente del sector de servicios por lo general se beneficia al maximizar la cantidad y calidad de los servicios que se prestan por medio de instalaciones y servicios. Cuando la longitud de la línea de espera se vuelve muy larga, el gerente se preocupa por los efectos adversos respecto a la calidad, la producción y la satisfacción de los clientes.

Con esta actitud en mente que existe en cualquier sistema de líneas de espera, se necesitan tomar ciertas medidas con el fin de especificar la efectividad del sistema en general. Las medidas comunes que describen a los sistemas de líneas de espera se presentan enseguida:

1. Número de clientes en el sistema.
2. Número de clientes en la línea de espera.
3. Tiempo total de espera en el sistema.
4. Tiempo de espera en la línea de espera.

5. Tiempo ocioso del servidor.
6. Utilización del sistema.

En cada caso, la medida del desempeño será alguna función de los procesos de llegada y servicio y de las condiciones del medio ambiente. Los valores promedio se usan en la forma acostumbrada para representar las expectativas de estas medidas. La medida básica es el número promedio de clientes en el sistema durante un tiempo, con el cual se asocia el estado del sistema. Las transiciones entre estos estados, esto es decir, el número de clientes en diferentes puntos en el tiempo, cambiará debido al carácter aleatorio de las llegadas, del proceso del servicio y de las condiciones ambientales.

### **1.2.2 Clasificación de los sistemas de líneas de espera**

La clasificación y notación estándar para los sistemas de líneas de espera que se ha adoptado, se origina con Kendall 1953 quien especifica un sistema de acuerdo a los elementos titulados  $a/b/c/d/y$  e. Los elementos  $a$  y  $b$  corresponden a las llegadas y al proceso de servicio, respectivamente,  $c$  representa el número de canales de servicio en paralelo,  $d$  representa la restricción en el número de clientes permitidos a entrar en la línea de espera y  $e$  es la disciplina de la línea de espera. Para los casos comunes donde  $d$  es infinito y  $e$  corresponde a la orden de servicio de primeros en llegar primeros en salir (FIFO, por sus siglas en inglés).

### **1.2.3 Modelo de Poisson de un solo servidor**

Para el modelo básico  $M/M/1$  los tiempos entre las llegadas son exponenciales dii (esto es, distribuidos independiente e idénticamente) con una

media de  $1/\lambda$  los tiempos del servicio también son exponenciales dii, con una media  $1/\mu$  y un solo servidor. Los coeficientes nacimiento-muerte son

$$\lambda_n = \lambda \quad n \geq 0$$

$$\mu_n = \mu \quad n \geq 1$$

Substituyendo en las ecuaciones de balance, nos da

$$0 = -(\lambda n + \mu n) P_n + \lambda_{n-1} P_{n-1} + \mu_{n+1} P_{n+1}$$

$$0 = -\lambda P_0 + \mu P_1 \quad n = 0$$

$$0 = -(\lambda + \mu) P_n + \mu P_{n+1} + \lambda P_{n-1} \quad n \geq 1$$

de las cuales se obtiene

$$P_1 = (\lambda / \mu) P_0$$

$$P_{n+1} = ((\lambda + \mu) / \mu) P_n - (\lambda / \mu) P_{n-1} \quad n \geq 1$$

Resolviendo iterativamente tenemos

$$P_1 = (\lambda / \mu) P_0$$

$$P_2 = (\lambda / \mu)^2 P_0$$

$$P_j = (\lambda / \mu)^j P_0$$

Puesto que la suma de las probabilidades de estado estacionario,  $P_j, j = 1, 2, \dots$  dan como suma 1, suponga que  $\rho = \lambda / \mu$  nos

$$1 = P \sum_{j=0}^{\infty} \rho^j = (P_0 / (1 - \rho)) \quad \rho < 1$$

en vista de que  $\rho^j$  es una serie geométrica infinita: por lo tanto  $P_0 = 1 - \rho$  y la distribución del estado estacionario es

$$P_n = (1 - \rho) \rho^n \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

El número esperado en el sistema bajo las condiciones del estado estacionario es

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} n (1 - \rho) \rho^n = (1 - \rho) \rho \sum_{n=1}^{\infty} n \rho^{n-1}$$

O

$$L = \rho / (1 - \rho) = \lambda / (\mu - \lambda)$$

Para el número esperado de unidades en la línea de espera,

$$L_q = \sum_{n=1}^{\infty} (n - 1) P_n = L - \sum_{n=1}^{\infty} P_n = L - \rho$$

O

$$L_q = \lambda \rho / (\mu - \lambda)$$

De la fórmula de Little, los tiempos de demora esperados son

$$W = (1/\lambda) L = 1 / (\mu - \lambda)$$

$$W_q = (1/\lambda) L_q = \lambda / (\mu^2 - \lambda\mu)$$

### 1.2.4 Modelos de Poisson de servidores múltiples

Para el sistema M/M/c los tiempos entre llegadas son exponenciales dii con media  $1/\lambda$  y c servidores en paralelo, cada uno con un tiempo de servicio exponencial dii con media  $1/\mu$ , con disciplina primero en llegar primero en salir, con coeficientes de nacimiento-muerte:

$$\lambda_n = \lambda \quad n \geq 0$$

$$\mu_n = n\mu \quad 1 \leq n \leq c$$

$$\mu_n = c\mu \quad n \geq c$$

Substituyendo en las ecuaciones de balance de la ecuación, nos da

$$0 = -(\lambda_n + \mu_n) P_n + \lambda_{n-1} P_{n-1} + \mu_{n+1} P_{n+1} \quad 1 \leq n \leq c$$

$$0 = -\lambda P_0 + \mu P_1 \quad n = 0$$

$$0 = -(\lambda + c\mu) P_n + c\mu P_{n+1} + \lambda P_{n-1} \quad n \geq c$$

y resolviendo en una forma iterativa lleva a la distribución del estado estacionario

$$P_n = ((\lambda / \mu)^n P_0) / n! \quad n \leq c$$

$$P_n = ((\lambda / \mu)^n P_0) / c! c^{n-c} \quad n \geq c$$

Donde

$$P_0 = \left[ \sum_{k=0}^{c-1} (\lambda / \mu)^k / k! + (\lambda / \mu)^c / (c! ((1 - (\lambda / c\mu)))) \right]^{-1}$$

siempre y cuando el factor de utilización  $\rho = \lambda / c\mu < 1$ .

Las medidas de efectividad para este sistema se fundan convenientemente por el cálculo inicial del estado estacionario de la longitud de línea de espera a partir de la ecuación

$$Lq = \sum_{n=1}^{\infty} (n-1) P_n$$

la cual, después de una manipulación algebraica considerable se reduce

$$Lq = \left[ \frac{(\lambda / c)^c \lambda \mu}{(c-1)! (c\mu - \lambda)^2} \right] P_0$$

De la fórmula de Little

$$Wq = (1/\lambda) Lq$$

y el período largo esperado en el sistema es

$$W = Wq + (1/\mu)$$

de lo cual se obtiene el número esperado en el sistema

$$L = \lambda W$$



## **1.3 Almacenaje**

### **1.3.1 Concepto**

Durante la primera mitad del siglo XX, la práctica de la ingeniería industrial tendió a concentrarse en el proceso de manufactura, un proceso cuyo costo promedio ascendió cerca de la mitad del precio de venta de los bienes.

Desde 1950, sin embargo, las técnicas de ingeniería industrial han jugado un papel cada vez mayor en el segmento no manufacturero de este marco de costo total. Una parte importante de estas actividades abarca el almacenamiento de los productos y su entrega del fabricante al cliente. Es aquí donde interviene otra compañía o planta, un distribuidor mayorista o un minorista.

### **1.3.2 Niveles de almacenamiento**

El almacenamiento y el manejo de los materiales constituyen una función importante de la manufactura y de la distribución. Los niveles de almacenamiento que, por lo general, se usan en el proceso industrial son los siguientes:

1. Almacenes de materia primas: sustancias químicas, acero en barra, piezas de componentes.
2. Depósitos de herramientas: moldes, troqueles, herramientas cortantes.
3. Suministros para mantenimiento: papel, aceites, refacciones para reparaciones eléctricas y plomería.

4. Materiales en proceso: artículos almacenados entre las operaciones de manufactura.
5. Bodegas de planta para productos terminados.
6. Centros de distribución públicos.
7. Centros de distribución privados.
8. Bodegas enlazadas: por lo general, para los productos importados que se retienen a la espera del pago de cargos de aduanas o de la transferencia de otro país. Esto es para los productos por los que todavía no se pagan los impuestos locales o federales.

En general, los almacenes y bodegas se encuentran ya sea cerca de la planta o cerca del mercado; pocas veces se localizan entre las plantas y el mercado.

Las instalaciones que se encuentran en la planta dan servicio a las operaciones de la misma - materias primas y depósitos de herramientas, por ejemplo - o constituyen un importante punto de embarque de clientes. Asimismo, la bodega de la planta puede también ser un punto de respaldo para resurtir el sistema de distribución de campo.

Las instalaciones que se encuentran en el mercado están en posición de suministrar los productos de la compañía a los clientes. Estos centros de distribución pueden almacenar la producción de una serie de plantas. El cliente puede pedir los productos que fabrican varias plantas y proveedores y recibir solo

un cargamento del centro de distribución. La planeación del lugar adecuado, puede propiciar la entrega completa y rápida del pedido del cliente, lo que suele aumentar la satisfacción de los clientes.

Las compañías privadas administran la mayoría de las bodegas para sus propios materiales y productos. No obstante, existen muchas compañías de bodegas públicas que ofrecen espacio y mano de obra por contrato. En los últimos treinta años, la industria de bodegas públicas ha aumentado en tamaño, complejidad y gama de servicios.

### **1.3.3 Diseño de bodega**

Los métodos que se utilizan en el diseño del flujo, del manejo y de las actividades de almacenamiento de materiales, así como en el control de la productividad de la mano de obra en los modernos centros de distribución son parecidos a los practicados por el departamento de ingeniería industrial de una planta manufacturera. Sin embargo, hay una serie de condiciones especiales para el diseño y la operación de la instalación de distribución:

**Consideraciones de construcción.** Muchas bodegas se localizan dentro de las plantas manufactureras. En estos casos, es común encontrar que el edificio está construido de acuerdo con las especificaciones de la planta. Las alturas de las estibas y la disposición del piso de almacenaje se diseñan para adaptarse a las especificaciones de la planta. Esta es una costumbre que surgió a partir del uso común del espacio entre ambas actividades. A menudo, la manufactura se extiende hacia el espacio ocupado por la bodega. Al diseñar el centro de distribución, el ingeniero industrial debe tomar en cuenta los siguientes factores.

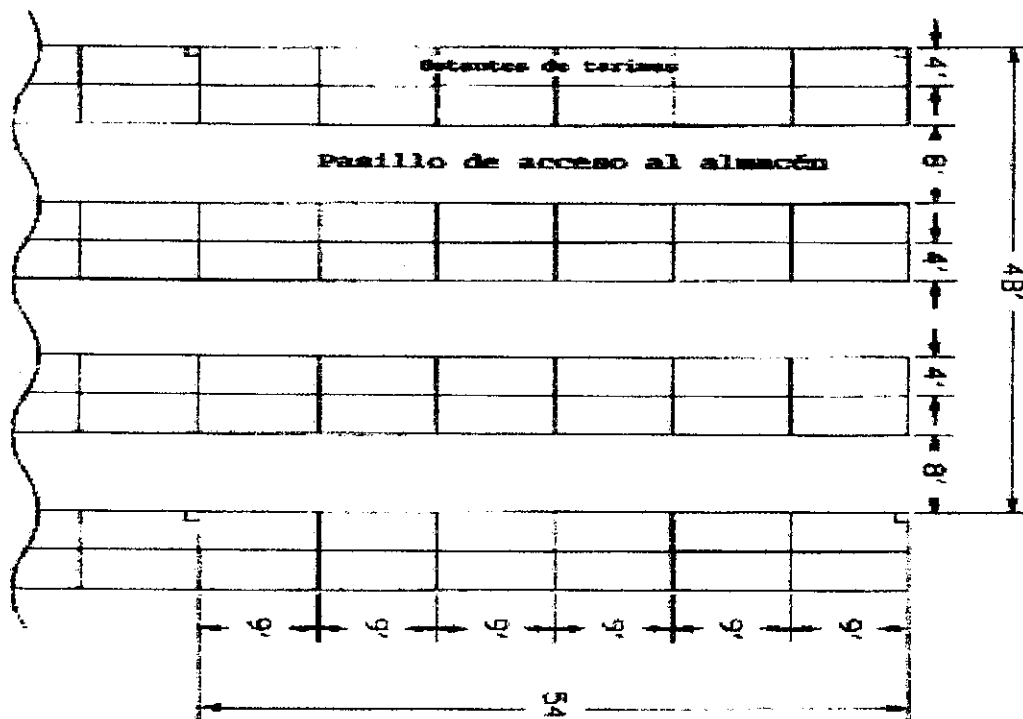
**Flujo de materiales.** El edificio puede tener un flujo que lo atraviere en forma directa, con la recepción en un extremo y el embarque en el otro. Otro enfoque muy usado es el del flujo en forma de U, en donde existe un área común para recepción y embarque. Este método concentra a la mayoría de los empleados y las actividades del edificio para tener un mejor control. Ambos métodos son efectivos, sin embargo, es posible determinar cuál es el mejor tomando como base el análisis económico y la configuración del lugar.

**Niveles.** Las instalaciones antiguas, al igual que algunos centros de distribución bastante modernos, suelen contar con múltiples niveles. Sin embargo, el almacenamiento resulta más eficiente si se concentra en un solo piso que tenga una gran altura de almacenamiento. Por su parte, las actividades de recepción, embarque y empaque pocas veces necesitan techos altos. Lo normal es que el viaje horizontal sea menos costoso que el vertical por lo que ha aumentado el interés actual en las bodegas de un solo piso. El ingeniero industrial debe conciliar estos factores al momento de preparar el diseño.

**Dimensiones del claro.** El patrón de almacenamiento es un factor crucial en el diseño del centro de distribución. La acumulación de puntos de almacenaje y pasillos de acceso dictan las dimensiones del claro. El diseño apropiado puede dar por resultado dimensiones eficientes e incluso óptimas. El claro es el área de piso rodeada por las columnas de concreto que sostienen el edificio. La figura 1 es un ejemplo de la forma en que las tarimas y los estantes de las mismas, así como los correspondientes pasillos de acceso para los montacargas se acumulan para determinar las dimensiones del claro. Nótese que lo primero que se determina es el patrón de almacenamiento. Entonces, se calcula el espacio que debe existir entre las columnas a fin de colocarlas dentro de la estructura del estante o del almacén. El espaciado definitivo puede ser cualquier múltiplo que minimice la pérdida de espacio y, al mismo tiempo, que proporcione para el techo una

estructura de bastidores de acero de bajo costo.

Figura1. Dimensiones comunes de un claro

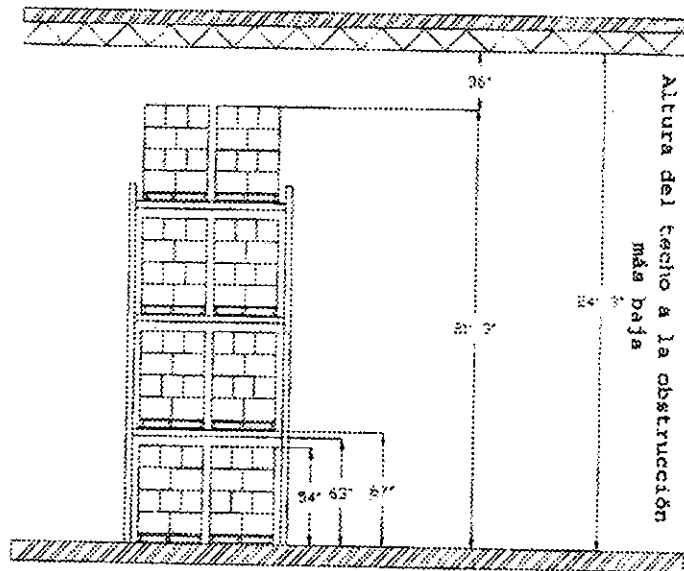


Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial**, Tomo IV, capítulo 6, 4ª. edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996-

**Altura de los techos.** En los centros de distribución modernos, la distancia entre el suelo y la obstrucción estructural más baja se determina por medio de la altura de las estibas de almacenamiento y del espacio libre necesario para la dispersión del agua que brota en los aspersores. El área de almacenamiento puede contener estantes en los que se coloquen las cargas de plataforma. Pueden existir estibas de granos, donde las cargas de plataforma se apilen en forma continua hasta el límite de aplastamiento. No obstante, los estantes de tarimas

suelen usarse en edificios que tienen grandes alturas para almacenar, debido a que el equipo de elevación actual es capaz de realizar, con seguridad, estibaciones mucho más altas de lo que permitirían los límites. En la figura 2 se muestra una derivación común de la altura del techo.

Figura 2. Derivación de la altura del techo



Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial**, Tomo IV, capítulo 6, - 4ª edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996-

### 1.3.3.1 Equipo de bodega

La mayoría de las bodegas usan equipo convencional para las actividades de almacenamiento y de traslado algunos artículos convencionales son:

**Estantes para tarimas (Racks).** Estos se utilizan para almacenar cargas

en tarimas de productos a niveles múltiples, aprovechado mejor el espacio de piso. La figura 2 muestra uno de los acomodos comunes. En teoría, los estantes son estructuras para almacenamiento construidas de acero troquelado, con montantes adaptados con barras móviles colocadas en las alturas adecuadas para acomodar las cargas de tarimas. Los estantes suelen formarse en líneas de gran longitud y separados por los pasillos de acceso. Uno de los acomodos más comunes tiene módulos constituidos por una fila de estantes que sostienen tarimas de 4 pies (1.22m) de profundidad, un pasillo de acceso de 8 a 12 pies (2.44 a 3.66m) y otra fila de estantes. Otros tipos de estantes de tarimas se emplean para el almacenamiento a doble profundidad o para pasar a través de ellos con el fin de almacenar las tarimas a una mayor profundidad. Por último, los estantes pueden estar adaptados con entrepaños de acero o de madera para guardar cajas y piezas pequeñas.

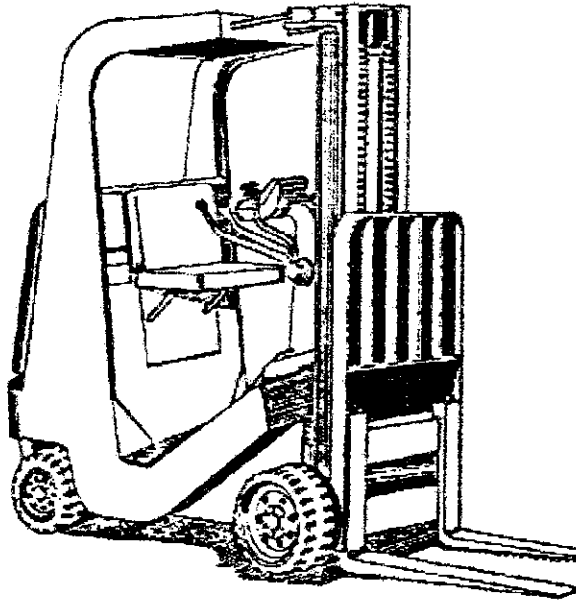
**Depósitos de almacenamiento.** Por lo general, éstos son de acero y corresponden a secciones cortas de anaqueles diseñados especialmente para guardar lotes pequeños de materiales. Se utilizan en muchas configuraciones, incluyendo cajones, divisiones ranuradas, anaqueles de diferentes alturas y barras de refuerzo.

**Montacargas de contrapeso.** Estas son las máquinas para manejo de materiales más comunes. Véase la figura 3. Están disponibles en varios modelos básicos y en una amplia variedad de diseños. Las máquinas básicas tienen dos ruedas de impulsión al frente y dos ruedas de dirección en la parte posterior. Otros montacargas están diseñados con dos ruedas de manejo al frente y una rueda de dirección central en la parte posterior. Las versiones de tres ruedas necesitan menos espacios para virar, pero son menos estables en las operaciones de levantamiento. Los montacargas tienen capacidades estándar de 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000 y 10 000 libras, con centros de carga de 24 pulgadas

(0.61m). En la mayoría de los casos, la altura básica del poste de levantamiento es de 240 pulgadas (61m). Muchas de las máquinas están equipadas con una capacidad de levantamiento libre de 54 pulgadas (1.37m). Los vehículos que se destinan a las operaciones de carga de camiones suelen tener el poste lo más abajo posible y una altura sobresaliente de 83 pulgadas (2.10m). Algunas de estas máquinas se diseñan de manera especial para las operaciones de carga de camiones. Estos **estibadores** suelen tener una capacidad de elevación limitada, y su radio de viraje es muy reducido. Las necesidades de viraje en el pasillo varían de 10 pies a más de 15 (de 3m a mas de 4.58m), según la capacidad de carga de la máquina. Pocas veces se compra el diseño Básico de los montacargas. Las variantes más comunes corresponden a la altura del poste y a la altura de elevación. El uso de postes múltiples puede ampliar la capacidad de la máquina a grandes alturas de elevación a costa de una reducción de la cantidad de carga que se puede subir. Estas máquinas también pueden equiparse con diversos aditamentos para hacer rotar, fijar, mover la carga hacia los costados, manejar hojas de deslizamiento o bidones y usar varillas de centro huevo para manejar bobinas de acero, alfombras o rollos de papel. Asimismo, los aditamentos reducen la capacidad de elevación de la máquina.



Figura 3. Montacargas de contrapeso más comunes. Estibador



Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial**, Tomo IV, capítulo 5, -4ª. edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996-

#### 1.4 Manejo de materiales

Los problemas de manejo de materiales son problemas de administración de empresas. Sin embargo, éstos necesitan soluciones de ingeniería. Los materiales y los artículos que van del campo y de las minas hasta la fábrica y, a través del sistema de distribución, hasta el consumidor, representan el flujo de dinero que se mueve a través de la empresa y la economía. Cada caja, pieza, pie cúbico o libra de producto o material representa, mano de obra, material y dinero. El movimiento de bienes a través de la empresa y la economía es la manifestación física del flujo de efectivo.

### **1.4.1 Equipo para el manejo de materiales unitario y empacado**

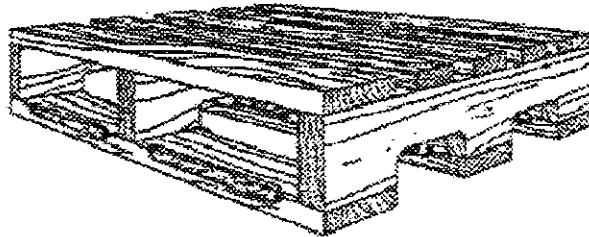
La mayoría de las operaciones de manejo de materiales de las economías modernas del mundo comprenden las operaciones de manejo por unidad o por artículos pequeños. En la mayoría de los casos el producto que se maneja cabe en la categoría de productos o partes sueltas, cajas de cartón y paquetes, contenedores para transporte manual o tarimas. En general, el primer objetivo del diseño del sistema de manejo de materiales se debe homogeneizar el movimiento de los materiales mediante la aplicación del concepto del común denominador, el cual neutraliza la individualidad del producto y simplifica el sistema de manejo. La tarima, la caja de cartón y la caja estibable son el común denominador que esconde la forma, la mezcla y la cantidad del producto, desde su dispositivo de transporte o de manejo principal. Con ello se homogeneiza el sistema de manejo y se simplifica el diseño. Esto también aumenta la flexibilidad del sistema de manejo de materiales al minimizar el efecto de los cambios de diseño de los productos y las variaciones en las cantidades de los lotes.

#### **1.4.1.1 Tarimas y operaciones de entarimado (Palets)**

Estas son las más importantes de las operaciones por unidad o por paquete. La tarima es el primer común denominador en el comercio y la industria. El diseño del patrón de la tarima debe crear una unidad de carga estable y, de ser posible, estibable. Si la forma del paquete o de las piezas impide que éstas se puedan asegurar unas con otras, se deben usar medios auxiliares tales como cintas, pegamento, envolturas elásticas, envolturas encogibles o bien, se deben utilizar cajas en tarimas con el fin de asegurar una unidad de carga fija estable. Por lo general, las tarimas se hacen de madera con un diseño de dos vistas y acceso

por los cuatro costados. Las dimensiones más comunes son: 48 \* 40 pies (1200 \* 1000 milímetros) y 48 \* 48 pies (1200 \* 1200 milímetros). Véase la figura 4. En los sistemas privados y militares se usan otros tamaños. En las plantas químicas o de alimentos, las tarimas se hacen de plástico o de fibra de vidrio para que se puedan lavar y esterilizar. También se dispone de tarimas de aluminio y de acero.

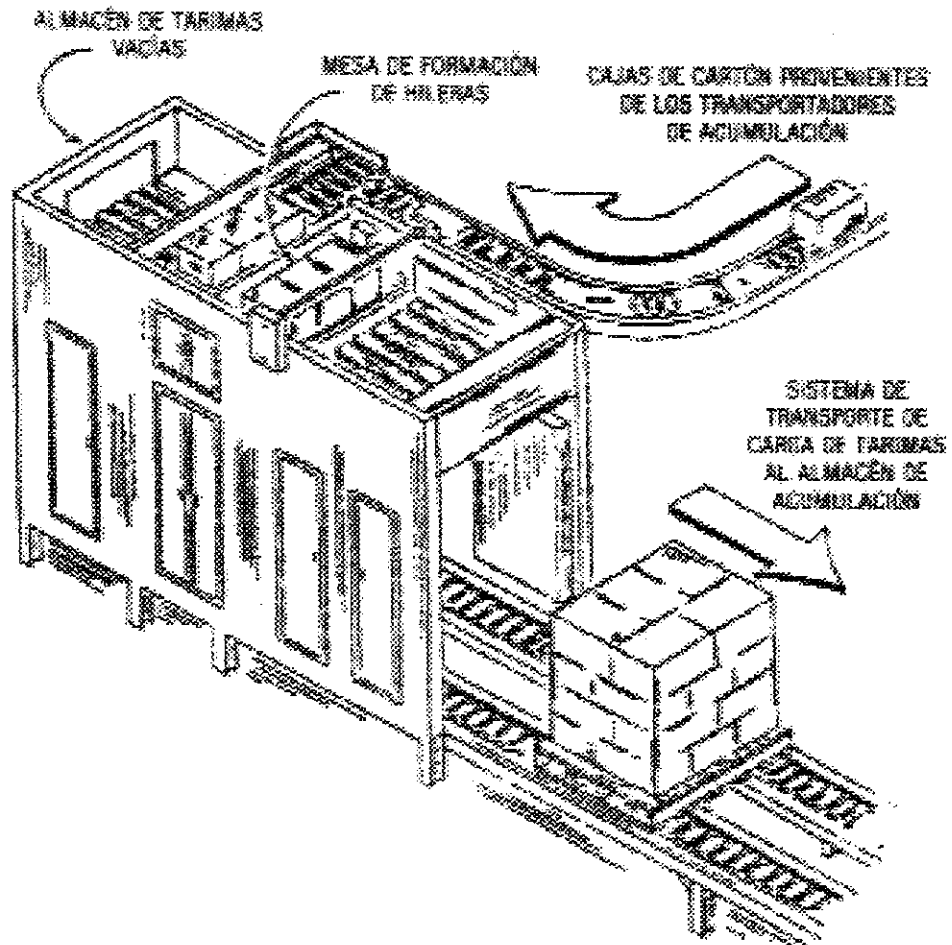
Figura 4 Tarima común de madera de cuatro sentidos y dos caras



Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial**, Tomo IV, capítulo 5,  
- 4ª edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996-

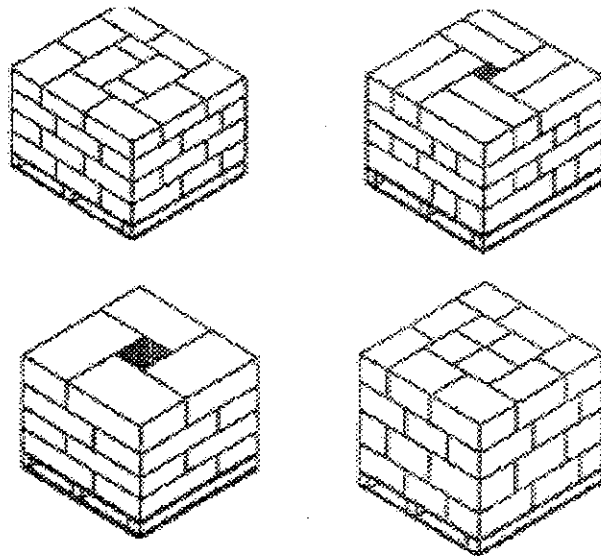
Las operaciones de tarimas pueden ser manuales o automatizadas. La mayoría de las tarimas de carga automatizadas reciben las cajas de cartón o sacos vía el transportador, los colocan en hileras y los estiban sobre la tarima en cantidades de llenado predeterminados. Véanse las figuras 5 y 6.

Figura 5. Estibador automático de cajas de cartón en tarimas



Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial, Tomo IV, capítulo 5,**  
- 4ª edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996-

Figura 6. Patrones adecuados para la interconexión de tarimas y cargas unitaria estables



Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial, Tomo IV, capítulo 5,**  
- 4ª edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996-

## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 Descripción**

La empresa actualmente cuenta con un Almacén General el cual se auxilia con 4 sub-almacenes que se ubican a lo largo de la planta.

### **2.2 Almacenes actuales**

Estos se describen a continuación:

#### **2.2.1 Almacén general**

Como su nombre lo indica en este se almacenan artículos en general entre lo que podemos mencionar: repuestos, material de empaque, material para construcción, papelería y útiles y otros de uso general en la empresa.

Este cuenta con un entrepiso de dos niveles con las siguientes dimensiones: profundidad de 18m y un ancho de 12.50m con un total de 4.06m de alto constituido por 2.26m del primer nivel, más 1.80 del segundo nivel, arriba de esta estructura se observa otro piso denominado tercer nivel el cual tiene las siguientes dimensiones: 19.71m de largo, 16.20m de ancho y 2.45 en estantería + 0.5m extra de altura, los tres niveles mencionados tienen una capacidad de contener 1 520 estantes de diversos tamaños, de estas estanterías en el entrepiso el 80% están ocupados con repuestos, y en el tercer nivel en

estanterías el 90% están ocupados con repuestos y la porción de este donde no hay estantería hay otros productos tal es el caso de equipo de oficina.

En el área fuera de los 3 niveles encontramos estantes para tarimas como los que se muestran en la fig.2 de la sección 1.3.3.1 de estos hay un total de 55 los cuales tienen las siguientes dimensiones: 2.90m de ancho, 1mt. de profundidad y 7.50m de alto, cada uno de estos cuenta con 4 divisiones de 1.80m de alto.

Las dimensiones totales de este almacén son: 42m de largo, 26m de ancho lo cual constituye un área de 1 092 m<sup>2</sup> con una altura de almacenaje máxima en estantes para tarimas de 7.50m nos proporciona un volumen de 8 190m<sup>3</sup>. Ver anexo 1.

## **2.2.2 Bodega de material de envase**

Esta bodega esta constituida por dos bodegas contiguas a las cuales se les denomina Bodega 1 y Bodega 2 (Ver anexo 2), actualmente aquí se almacena material de envase tal es el caso de latas y envase plástico no retornable o PET y una gran cantidad de material de empaque de cartón.

La bodega 1 tiene las siguientes dimensiones: 53.5m de largo por 24.25m de ancho lo que da como resultado un área de 1,297.38 m<sup>2</sup> y una altura que da lugar para 3 estibaciones de tarimas de envase de lata. Ver anexo 2.

La bodega 2 tiene las siguientes dimensiones: 53.5m de largo por 24.5m de ancho lo que da como resultado un área de 1,310.75 m<sup>2</sup> y su altura da lugar para 3 estibaciones de tarimas de envase de lata. Ver anexo 2.

### **2.2.3 Sub-almacén de repuestos 1**

Este almacén esta asignado para almacenar repuestos y accesorios para la maquinaria de embotellado. Este tiene una capacidad de almacenar 472 estanterías de diversas dimensiones, y cuenta con las siguientes dimensiones: 17.25 y 8.63m de largo por 6.68 y 3.35m de ancho lo cual proporciona un área de 144.14 m<sup>2</sup>. Ver anexo 3.

### **2.2.4 Sub-almacén de repuestos 2**

Este almacén tiene la misma función que el anterior. Este tiene una capacidad de 559 estanterías de diversas dimensiones para almacenaje, cuenta con las siguientes dimensiones: 16.43m de largo por 9.90m de ancho lo cual proporciona un área de 162.66 m<sup>2</sup>. Ver anexo 4.

### **2.2.5 Bodega de químicos**

Esta bodega se ubica contigua a Almacén General. En esta se almacenan: grasas, aceites, lubricantes, jabones, ácido fosfórico, ácido clorhídrico, ácido nítrico, gas natural, tiner, pinturas, tintas para "videoget" y pegamento para etiquetas en embotellado. Esta cuenta con las siguientes dimensiones: 15.50m de largo por 11.50m de ancho lo cual proporciona un área de 178.25 m<sup>2</sup>. Ver anexo 1.



## 2.3 Materiales y productos

### 2.3.1 Características

**Materias Primas:** Entre este rubro se incluyen: algunos granos como el azúcar los cuales deben almacenarse en lugares frescos y secos para evitar su deterioro. Por otra parte debe permanecer lejos de agentes contaminantes como productos químicos. Los concentrados deben permanecer en un lugar refrigerado para su conservación.

**Repuestos:** Este rubro lo constituyen repuestos para maquinaria y estos deben protegerse del polvo y la humedad para evitar su deterioro.

**Materiales para Envase:** Productos de envase de lata y envase plástico no retornable o PET, estos productos deben permanecer alejados del polvo y el hollín en un lugar fresco y seco.

**Materiales para Construcción:** Se mantiene cierto inventario de materiales para construcción con la finalidad de utilizarse en cualquier momento en que se desee hacer alguna modificación a la estructura de alguna parte de un edificio de la empresa. Estos materiales deben almacenarse en lugares frescos y secos.

**Material de Producción:** Este rubro lo conforman un sin número de productos necesarios para la producción, muchos de los cuales suelen ser perecederos.

**Productos Químicos:** Estos son productos de carácter químico que deben manejarse con mucho cuidado evitando el contacto de estos con los operarios o cualquier condición que pueda hacerlos reaccionar, deben mantenerse aislados

del calor y peligro de explosión.

**Papelería y Útiles:** Estos productos deben mantenerse fuera de la exposición del polvo, la humedad y otros productos que pudiesen deteriorarlos.

**Productos Varios:** La mayoría de los productos que se manejan en Almacén General deben permanecer alejados del polvo y la humedad. Entre los que están la leche en polvo que por su naturaleza deben permanecer en lugares frescos y secos.

## 2.3.2 Rotaciones

Tabla I. Niveles de rotación.

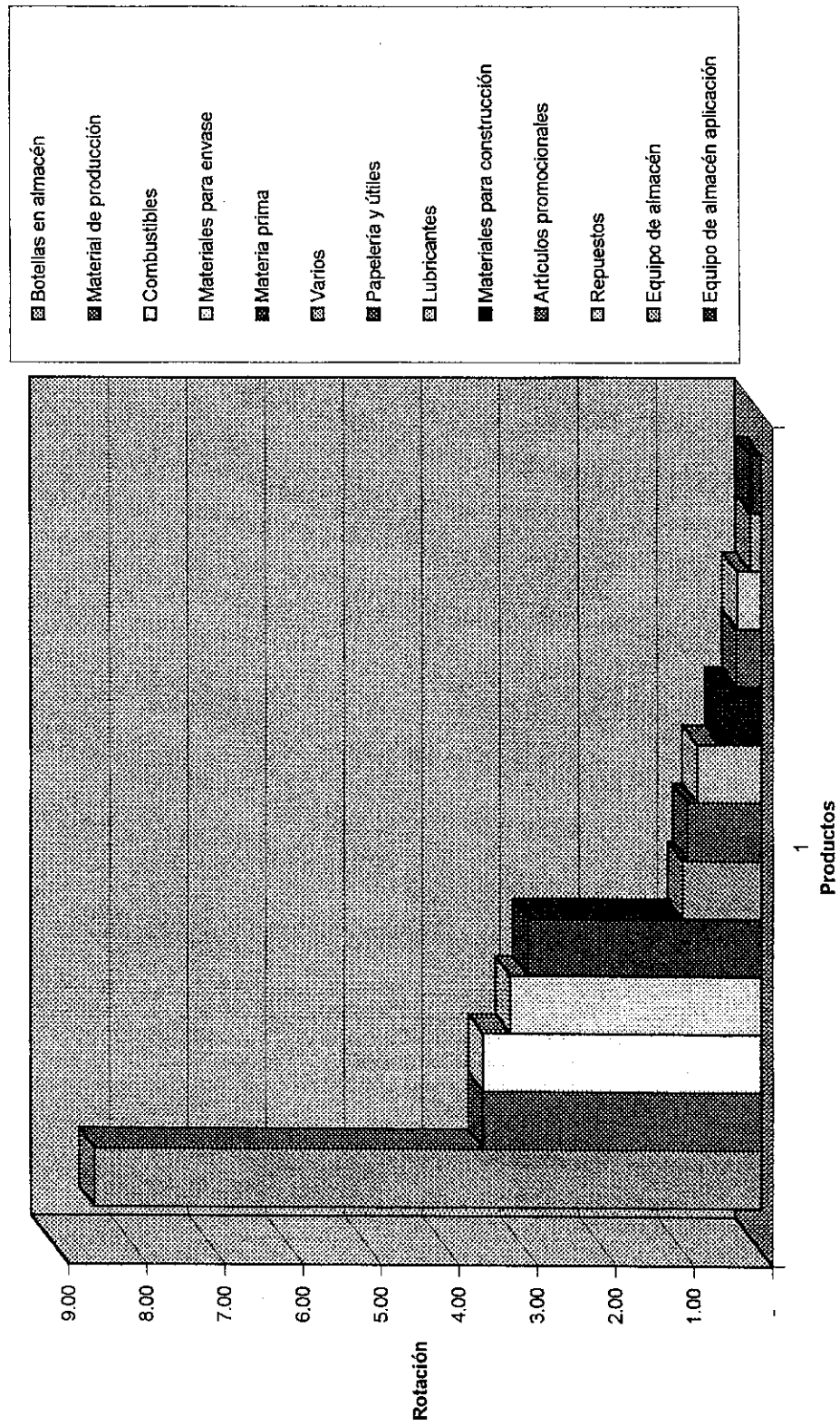
No.	Producto	Inventario promedio anual		Salidas		Nivel de rotación
1	Repuestos	Q	48,383,758.62	Q	15,122,150.06	0.31
2	Materia prima	Q	19,388,418.75	Q	57,780,750.76	2.98
3	Materiales para envase	Q	21,010,504.24	Q	67,159,889.80	3.20
4	Varios	Q	3,273,098.43	Q	3,317,578.02	1.01
5	Materiales para construcción	Q	1,482,371.39	Q	783,831.08	0.53
6	Material de producción	Q	1,224,930.35	Q	4,343,250.97	3.55
7	Equipo de almacén aplicac	Q	996,836.32	Q	129,886.83	0.13
8	Artículos promocionales	Q	864,468.01	Q	277,532.79	0.32
9	Lubricantes	Q	376,294.27	Q	309,821.04	0.82
10	Equipo de almacén	Q	245,262.38	Q	34,969.74	0.14
11	Combustibles	Q	1,232,069.17	Q	4,373,248.67	3.55
12	Papelería y útiles	Q	164,134.37	Q	154,860.27	0.94
13	Botellas en almacén	Q	1,570,303.44	Q	13,401,569.91	8.53

### Productos Ordenados por su Nivel de Rotación

Datos en veces al año.

No.	Producto	Nivel de Rotación
1	Botellas en almacén	8.53
2	Material de producción	3.55
3	Combustibles	3.55
4	Materiales para envase	3.20
5	Materia prima	2.98
6	Varios	1.01
7	Papelería y útiles	0.94
8	Lubricantes	0.82
9	Materiales para construcción	0.53
10	Artículos promocionales	0.32
11	Repuestos	0.31
12	Equipo de almacén	0.14
13	Equipo de almacén aplicac	0.13

Figura 7. Niveles de Rotación



### 2.3.3 Clasificación

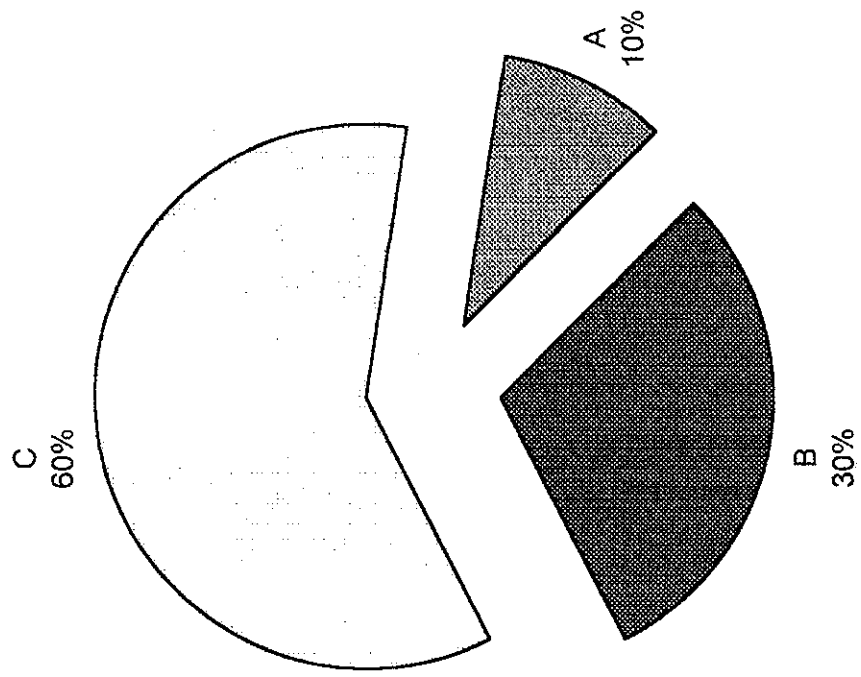
Tabla II. Análisis de estratificación ABC

Dentro de la empresa el almacén maneja alrededor de 5,000 productos y su estratificación ABC es la siguiente:

Clase	Volumen anual	% del vol. total en dinero	Porcentaje de productos
A	Q 65,065,953.00	80%	10%
B	Q 12,149,866.00	15%	30%
C	Q 4,066,622.11	5%	60%
Total	Q 81,282,441.11		

Dentro de cada clase se encuentran productos de las diversas familias de productos de la sección 2.3.2.

Figura 8. Análisis de estratificación ABC de productos



## 2.4 Servicio a los clientes

### 2.4.1 Personas

Para este estudio los parámetros  $\mu$  y  $\lambda$  son un estimado partiendo del promedio simple de 20 muestras las cuales representan cada una un día de servicio en el mostrador del Almacén General. Estos representan un buen estimado al compararlo con datos obtenidos en la empresa, los resultados se muestran en la tabla III .

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 1 B se aplican las fórmulas del modelo de Poisson de servidores múltiples M/M/c definida en la sección 1.2.3:

$$\mu = 2.88 \text{ clientes/hora.}$$

$$\lambda = 4.77 \text{ clientes/hora.}$$

$$c = 2 \text{ servidores.}$$

De ello se tiene:

$$\rho = \lambda/c\mu = 4.77/(2*2.88) = 0.83$$

Dado que  $\rho$  es  $< 1$  si se puede aplicar este modelo.

$$P_0 = \left[ \sum_{k=0}^{c-1} \frac{(\lambda/\mu)^k}{k!} + \frac{(\lambda/\mu)^c}{c! (1 - (\lambda/c\mu))} \right]^{-1}$$

$$P_0 = (1 + 1.63793 + 7.4522722)^{-1}$$

$$P_0 = 0.099$$

Entonces la probabilidad de que el sistema este vacío es de 0.099 o bien 9.9%.

Longitud de la línea de espera:

$$Lq = \left[ \frac{(\lambda / c)^c \lambda \mu}{(c - 1)! (c\mu - \lambda)^2} \right] P0$$

$$Lq = (36.9558/1.1025) * 0.099 = 3.48 \text{ clientes.}$$

$$Lq = 3.48 \text{ clientes.}$$

Tiempo promedio de las unidades en la línea de espera:

$$Wq = (1/\lambda) Lq = 3.48 C/4.75 \text{ clientes/hora} = 0.73 \text{ horas}$$

$$Wq = 0.73 \text{ horas}$$

$$Wq = 44 \text{ minutos.}$$

Período largo esperado en el sistema:

$$W = Wq + (1/\mu) = 0.73 \text{ horas} + 1/2.90 \text{ clientes/hora} = 1.08 \text{ horas}$$

$$W = 1.08 \text{ horas}$$

$$W = 1 \text{ hora con 4 minutos.}$$

Número de clientes en el sistema:

$$L = \lambda W = 4.75 \text{ clientes/hora} * 1.08 \text{ horas}$$

$$L = 5.13 \text{ clientes.}$$



Tabla III. Resultados promedio del servicio a las personas

Día 3				
Cliente	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio	
1	07:15	07:25	00:10	
2	07:20	07:37	00:17	
3	07:40	08:05	00:25	
4	08:10	09:20	01:10	
5	09:22	09:25	00:03	
6	09:20	09:37	00:17	
7	09:38	09:45	00:07	
8	09:30	09:40	00:10	
9	09:55	10:10	00:15	
10	10:13	10:22	00:09	
11	10:20	10:29	00:09	
12	10:33	10:40	00:07	
13	10:38	10:49	00:11	
14	10:45	11:00	00:15	
15	11:56	12:00	00:04	
16	12:08	12:39	00:31	
17	12:20	13:00	00:40	
18	12:36	12:50	00:14	
19	12:46	13:10	00:24	
20	13:00	14:20	01:20	
21	13:20	13:50	00:30	
22	13:35	14:05	00:30	
23	13:46	14:10	00:24	
24	13:55	14:20	00:25	
25	14:10	14:55	00:45	
26	14:36	15:10	00:34	
27	15:06	15:40	00:34	
28	15:16	16:00	00:44	
29	15:20	15:45	00:25	
30	15:30	16:06	00:36	
31	15:45	16:10	00:25	
32	15:46	16:00	00:14	
<b>Total</b>			<b>13:04</b>	
Tiempo promedio de servicio		00:24	Equivalente	
Tasa de llegadas			0.400 horas	
Tasa de servicio			3.56 clientes/hora	
# de servidores			2.50 clientes/hora	
			2	

(Tabla III. Continuación)

<b>Servicio a las personas</b>				
Muestra	Tiempo promedio de servicio	Tasa promedio de servicio	Tasa promedio de llegadas	# de servidores
1	0.40	2.50	4.00	2
2	0.38	2.61	4.44	2
3	0.40	2.50	3.56	2
4	0.50	2.00	4.44	2
5	0.42	2.40	5.44	2
6	0.40	2.50	4.38	2
7	0.43	2.31	5.43	2
8	0.35	2.86	4.84	2
9	0.47	2.14	5.11	2
10	0.50	2.00	4.44	2
11	0.35	2.86	4.75	2
12	0.23	4.29	4.56	2
13	0.27	3.75	8.00	2
14	0.37	2.73	2.91	2
15	0.21	4.76	4.56	2
16	0.42	2.40	5.44	2
17	0.35	2.86	4.84	2
18	0.50	2.00	4.44	2
19	0.23	4.29	4.56	2
20	0.23	4.29	4.90	2
Sumatoria	7.41	58.03	95.04	40
Promedio	0.37	2.90	4.75	2
<b>Conclusión:</b>				
	Tiempo promedio de servicio		0.37 horas	
	Tasa promedio de servicio		2.90 clientes/hora	
	Tasa de llegadas		4.75 clientes/hora	
	# de servidores		2	

## 2.4.2 Camiones

Para este estudio, de la misma forma que en el servicio a las personas se presenta el servicio a los camiones con la premisa de que  $\mu$  y  $\lambda$  son un estimado partiendo del promedio simple de 25 muestras que representan cada una un día de servicio a los camiones proporcionado por montacargas. Estos representan un buen estimado al compararlo con datos obtenidos en la empresa, los resultados se muestran en la tabla IV.

Aplicando el modelo de Poisson de servidores múltiples M/M/c:

$$\mu = 0.858 \text{ clientes/hora.}$$

$$\lambda = 1.04 \text{ clientes/hora.}$$

$$c = 3 \text{ servidores.}$$

De ello se tiene que:

$$\rho = \lambda / c\mu = 1.04 / (3 * 0.858) = 0.4040$$

Dado que  $\rho$  es  $< 1$  si se puede aplicar este modelo.

$$P_0 = \left[ \sum_{k=0}^{c-1} \frac{(\lambda / \mu)^k}{k!} + \frac{(\lambda / \mu)^c}{c! (1 - (\lambda / c\mu))} \right]^{-1}$$

$$P_0 = (1 + 1.212121 + 0.74 + 0.4980)^{-1}$$

$$P_0 = 0.2898$$

Entonces la probabilidad de que el sistema este vacío es de 0.2898 o bien 28.98 %.

Longitud de la línea de espera:

$$Lq = \left[ \frac{(\lambda / c)^c \lambda \mu}{(c - 1)! (c\mu - \lambda)^2} \right] P_0$$

$$Lq = (1.5891/4.7063) * 0.2898 = 0.10 \text{ clientes.}$$

$$Lq = 0.10 \text{ clientes.}$$

Tiempo promedio de las unidades en la línea de espera:

$$Wq = (1/\lambda) Lq = 0.10 \text{ C}/1.04 \text{ clientes/hora} = 0.10 \text{ horas}$$

$$Wq = 0.10 \text{ horas}$$

$$Wq = 6 \text{ minutos.}$$

Período largo esperado en el sistema:

$$W = Wq + (1/\mu) = 0.10 \text{ horas} + 1/0.858 \text{ clientes/hora} = 1.27 \text{ horas}$$

$$W = 1.27 \text{ horas}$$

$$W = 1 \text{ hora con } 16 \text{ minutos.}$$

Número de clientes en el sistema:

$$L = \lambda W = 1.04 \text{ clientes/hora} * 1.27 \text{ horas}$$

$$L = 1.32 \text{ clientes.}$$

Tabla IV. Resultados promedio del servicio a los camiones

Día 4				
Cliente	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio	
1	07:00	08:00	01:00	
2	08:00	10:00	02:00	
3	10:00	11:30	01:30	
4	14:00	14:30	00:30	
5	14:00	14:30	00:30	
6	14:00	15:00	01:00	
7	15:00	16:00	01:00	
8	17:00	17:30	00:30	
9	17:00	17:30	00:30	
10	17:00	18:00	01:00	
TOTAL			06:30	
Tiempo promedio de servicio			00:43	Equivalente
Tasa de llegadas				0.72 horas
Tasa de servicio				1.25 clientes/hora
# de servidores = 4				1.40 clientes/hora

(Tabla IV. Continuación)

<b>Servicio a los camiones</b>				
Muestra	Tiempo promedio de servicio	Tasa promedio de servicio	Tasa promedio de llegadas	# de servidores
1	1.03	0.97	1.17	2
2	3.83	0.26	1.00	4
3	0.63	1.58	1.51	4
4	0.72	1.40	1.25	4
5	0.85	1.18	1.51	4
6	1.25	0.80	1.00	4
7	1.17	0.86	0.51	3
8	1.50	0.67	0.67	3
9	0.83	1.20	1.00	2
10	1.78	0.56	0.93	2
11	1.40	0.71	0.84	2
12	0.52	1.94	1.20	4
13	0.83	1.20	0.51	3
14	1.08	0.92	1.33	3
15	1.22	0.82	1.17	4
16	2.25	0.44	0.76	3
17	3.00	0.33	0.93	4
18	1.75	0.57	0.89	2
19	1.80	0.56	1.33	2
20	0.87	1.15	0.89	2
21	2.62	0.38	1.33	4
22	1.17	0.86	1.33	3
23	1.20	0.83	0.95	4
24	2.08	0.48	1.06	2
25	1.30	0.77	0.84	4
Sumatoria	36.68	21.44	25.91	78
Promedio	1.467	0.858	1.04	3.12
Conclusión:				
	Tiempo promedio de servicio		1.46 horas	
	Tasa promedio de servicio		0.858 clientes/hora	
	Tasa promedio de llegadas		1.04 clientes/hora	
	# de servidores		3	

### 2.4.3 Entrega de materiales

Al igual que el servicio a las personas, los parámetros  $\mu$  y  $\lambda$  son un estimado partiendo del promedio simple de 20 muestras del servicio de entrega de materiales por medio de montacargas, estos representan un buen estimado al compararlo con datos obtenidos en la empresa. Los resultados se muestran en la tabla V.

Aplicando el modelo de Poisson de un solo servidor M/M/1:

$$\mu = 0.84 \text{ clientes/hora}$$

$$\lambda = 0.87 \text{ clientes/hora}$$

$$c = 1 \text{ servidor}$$

De lo cual se obtiene:

$$\rho = \lambda / \mu = 0.87 \text{ clientes/hora} / 0.84 \text{ clientes/hora.}$$

$$\rho = 1.03$$

Como  $\rho$  es  $> 1$  este modelo no se puede aplicar por lo tanto se aplica el modelo M/M/c con  $c = 2$  servidores.

En este caso:

$$\rho = 0.87 \text{ clientes/hora} / (2 * 0.84) \text{ clientes/hora}$$

$$\rho = 0.5179$$

Dado que  $\rho$  es  $< 1$  si se puede aplicar este modelo

$$P_0 = \left[ \sum_{k=0}^{c-1} \frac{(\lambda/\mu)^k}{k!} + \frac{(\lambda/\mu)^c}{c!} \left( \frac{1}{1 - (\lambda/c\mu)} \right) \right]^{-1}$$

$$P_0 = (1 + 1.036 + 1.1124)^{-1}$$

$$P_0 = 0.3179$$

Entonces la probabilidad de que el sistema este vacío es de 0.3179 o bien 31.79%.

Longitud de la línea de espera:

$$L_q = \left[ \frac{(\lambda/c)^c \lambda \mu}{(c-1)! (c\mu - \lambda)^2} \right] P_0$$

$$L_q = (0.7839/0.6561) * 0.3179 = 0.40 \text{ clientes.}$$

$$L_q = 0.40 \text{ clientes.}$$

Tiempo promedio de las unidades en la línea de espera:

$$W_q = (1/\lambda) L_q = 0.40 \text{ C}/0.87 \text{ clientes/hora} = 0.46 \text{ horas}$$

$$W_q = 0.46 \text{ horas}$$

$$W_q = 27.6 \text{ minutos.}$$



Período largo esperado en el sistema:

$$W = Wq + (1/\mu) = 0.46 \text{ horas} + 1/0.84 \text{ clientes/hora} = 1.65 \text{ horas}$$

$$W = 1.65 \text{ horas}$$

$$W = 1 \text{ hora con } 39 \text{ minutos.}$$

Número de clientes en el sistema:

$$L = \lambda W = 0.87 \text{ clientes/hora} * 1.65 \text{ horas}$$

$$L = 1.44 \text{ clientes.}$$

Tabla V. Resultados promedio del servicio de entrega de materiales

Día 9			
Cliente	Hora de entrada	Hora de salida	Tiempo de servicio
1	09:00	10:00	01:00
2	10:00	11:00	01:00
3	11:00	14:30	03:30
Total			05:30
Tiempo promedio de servicio			01:50
Tasa de llegadas			1.833 horas
Tasa de servicio			0.60 clientes/hora
# de servidores = 2			0.55 clientes/hora

(Tabla V. Continuación)

<b>Entrega de materiales</b>				
Muestra	Tiempo promedio de servicio	Tasa promedio de servicio	Tasa promedio de llegadas	# de servidores
1	0.83	1.20	1.50	2
2	1.83	0.55	0.75	2
3	1.67	0.60	0.75	1
4	2.00	0.50	0.67	1
5	1.17	0.86	0.75	1
6	1.33	0.75	0.75	1
7	2.00	0.50	0.50	1
8	1.75	0.57	0.50	2
9	1.83	0.55	0.60	2
10	2.25	0.44	0.50	1
11	1.67	0.60	0.60	1
12	1.00	1.00	1.00	1
13	1.50	0.67	0.67	1
14	1.50	0.67	0.50	1
15	2.00	0.50	0.50	1
16	0.50	2.00	2.00	2
17	0.50	2.00	2.00	2
18	0.50	2.00	2.00	1
19	3.00	0.33	0.33	1
20	1.62	0.62	0.46	1
Sumatoria	30.45	16.90	17.33	26
Promedio	1.52	0.84	0.87	1.30
<b>Conclusión</b>				
	Tiempo promedio de servicio		1.52 horas	
	Tasa promedio de servicio		0.84 clientes/hora	
	Tasa de llegadas		0.87 clientes/hora	
	# de servidores		1	

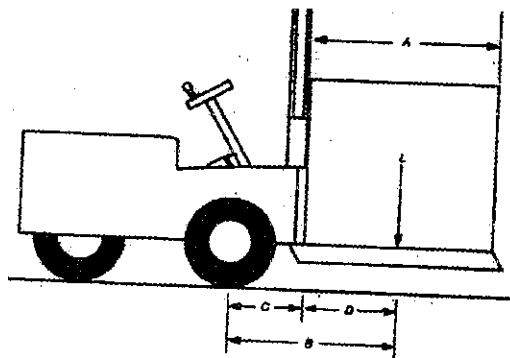
## 2.5 Manejo de materiales

Los materiales empacados se manejan en tarimas de madera con dimensión de 1.20m por 1mt. como las que se muestran en la figura 4 de la sección 1.4.1.1 medida estándar en el mercado, ya que por medio del entarimado del material puede transportarse con mas rapidez mayores cantidades que cuando e material se almacena sin el uso de tarimas, las tapas son manejadas a través de jabas las cuales en su base tienen tarimas de la misma dimensión. Dichas tarimas se transportan por medio de los montacargas del tipo estibador que se muestra en la figura 3 de la sección 1.3.3.1. Estas unidades automotoras son de motor de combustión de gas propano ya que cuenta con las siguientes ventajas:

- Proporciona recorridos largos, con funcionamiento ininterrumpido.
- Diseñado para recorrer suelos poco lisos, pues este cuenta con ruedas más anchas y bandaje de goma blanda en comparación con los otros tipos.
- Costo de adquisición bajo.
- Operaciones de apilado de bastante altura.
- Capaz de transportarse en pendientes fuertes de gran longitud.
- Operaciones a la intemperie sujetas a condiciones meteorológicas muy diversas.

Los montacargas cuentan con las siguientes especificaciones las cuales cubren las necesidades de manejo de materiales a la capacidad óptima y con el mayor grado de seguridad:

Figura 9. Especificaciones del montacargas utilizado en la empresa.



Fuente: Niebel, **ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos, manejo de materiales**, 3ra. edición, México: AlfaOmega , 1995.

Capacidad de levantamiento,  $L = 6,000\text{lbs}$

Distancia entre el centro del eje delantero y el recodo de la horquilla

$C = 0.48\text{m. (19plg.)}$ .

Distancia del recodo de la horquilla al centro de la carga,

$D = 0.60\text{m.}$

$B = 1.08\text{m.}$

Dentro de los almacenes se asignan espacios que varía de 2.50m a 3m para tránsito de montacargas, como se muestra en los anexos 1 y 2.

La forma en la que se efectúa el manejo de los materiales dentro de la planta del Almacén General y sus sub-almacenes a producción se muestran en los diagramas de flujo del proceso del 1 al 4 y diagrama de recorrido, para lo que hay que tomar en cuenta que la entrada a producción para: material de empaque,

productos químicos y otros productos de embotellado a excepción de los materiales de envase se transportan a salones de embotellado por el elevador que se encuentra ubicado en el sótano de dichos salones, con lo que respecta al material de envase se ingresan a producción por medio de una puerta de acceso a dichos salones situada en la calle principal de la planta.

En lo referente a ingreso de materiales a bodegas, el método de trabajo utilizado consiste en colocar a los camiones a una distancia de 10 metros de la entrada a cada bodega ya que las condiciones de la edificación de la planta lo permite. Dicho ingreso de materiales se muestra en el diagrama de flujo del proceso de la figura 14.

Figura 10.

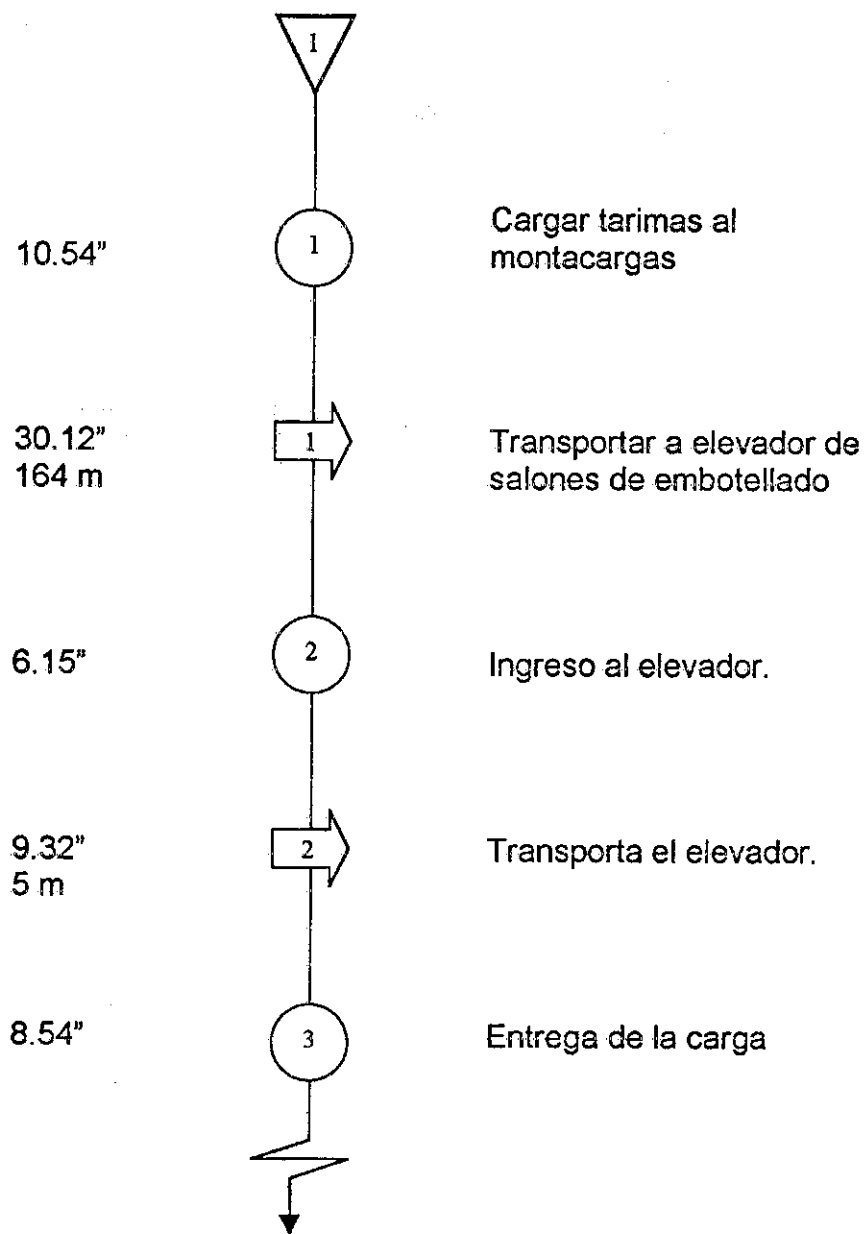
Diagrama de flujo del proceso No. 1




Asunto: Despacho de material de empaque de Almacén General a salones de embotellado.

Método: Diagrama actual.

Fecha: Julio de 1999

Analista: Edna Rocío Martínez Cabrera.



Signo	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operaciones realizadas durante el proceso.	3	25.23"
	Traslado de materiales de un lugar a otro.	2	39.44"
	Bodegas de almacenaje	1	
Totales			1' 4.67"

La distancia total fue de 169 metros.



Figura 11.

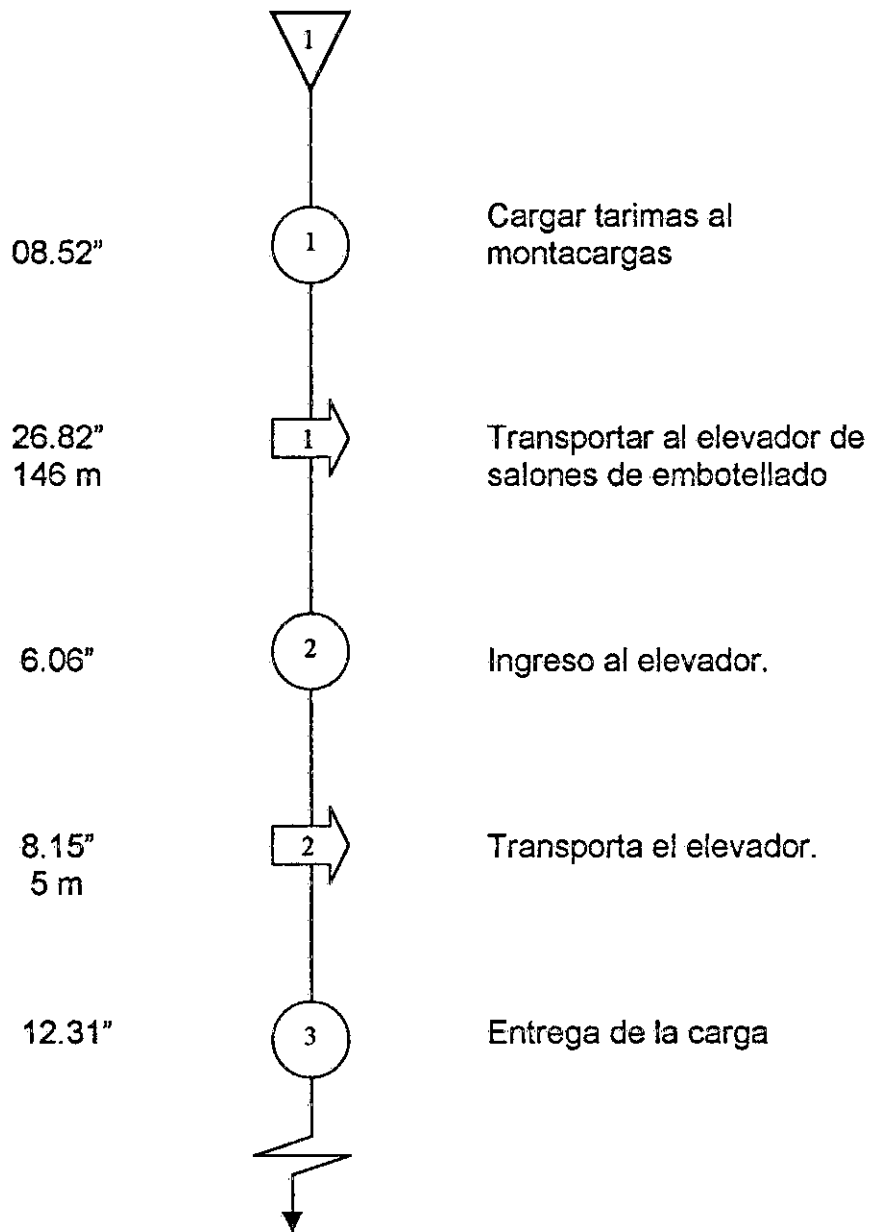
Diagrama de flujo del proceso No. 2




Asunto: Despacho de materiales de la Bodega de Químicos a salones de embotellado.

Método: Diagrama actual.

Fecha: Julio de 1999

Analista: Edna Rocío Martínez Cabrera.



Signo	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operaciones realizadas durante el proceso.	3	26.89"
	Traslado de materiales de un lugar a otro.	2	34.97"
	Bodegas de almacenaje	1	
Totales			1' 1.86"

La distancia total fue de 151 metros.

Figura 12.

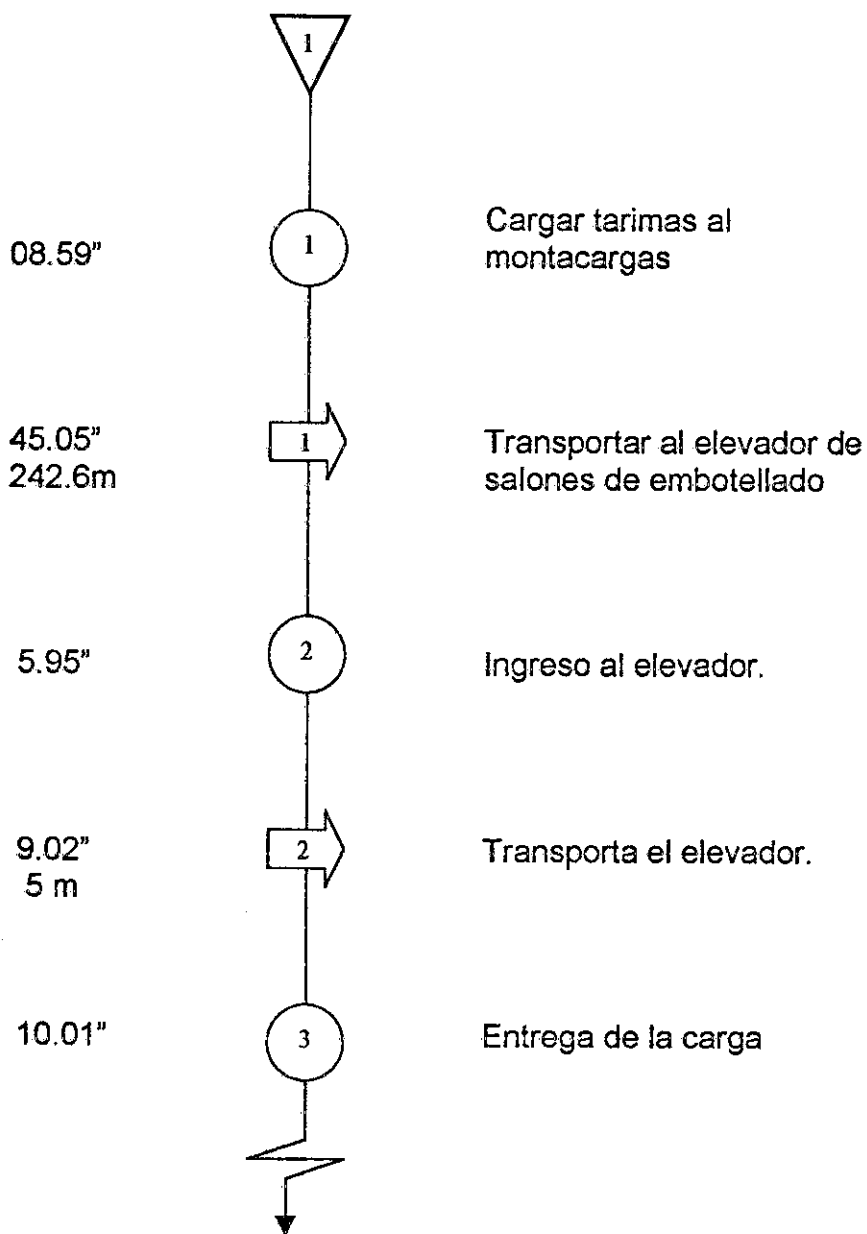
Diagrama de flujo del proceso No. 3




Asunto: Despacho de material de empaque de Bodega de Material de Envase a salones de embotellado.

Método: Diagrama actual.

Fecha: Julio de 1999

Analista: Edna Rocío Martínez Cabrera.



Signo	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operaciones realizadas durante el proceso.	3	24.55"
	Traslado de materiales de un lugar a otro.	2	54.07"
	Bodegas de almacenaje	1	
Totales			1' 18.62"

La distancia total fue de 247.60 metros.

Figura 13.

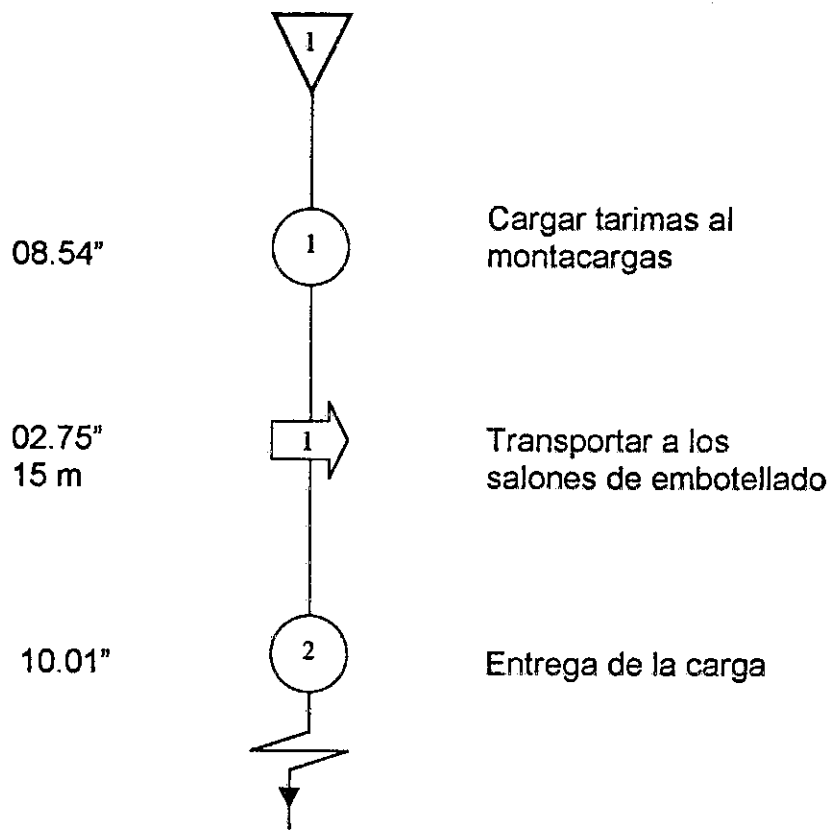
Diagrama de flujo del proceso No. 4




Asunto: Despacho de material de envase de Bodega de Material de Envase a salones de embotellado.

Método: Diagrama actual.

Fecha: Julio de 1999

Analista: Edna Rocío Martínez Cabrera.



Signo	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operaciones realizadas durante el proceso.	2	18.55"
	Traslado de materiales de un lugar a otro.	1	02.75"
	Bodegas de almacenaje	1	
Totales			21.30"

La distancia total fue de 15 metros.

Figura 14.

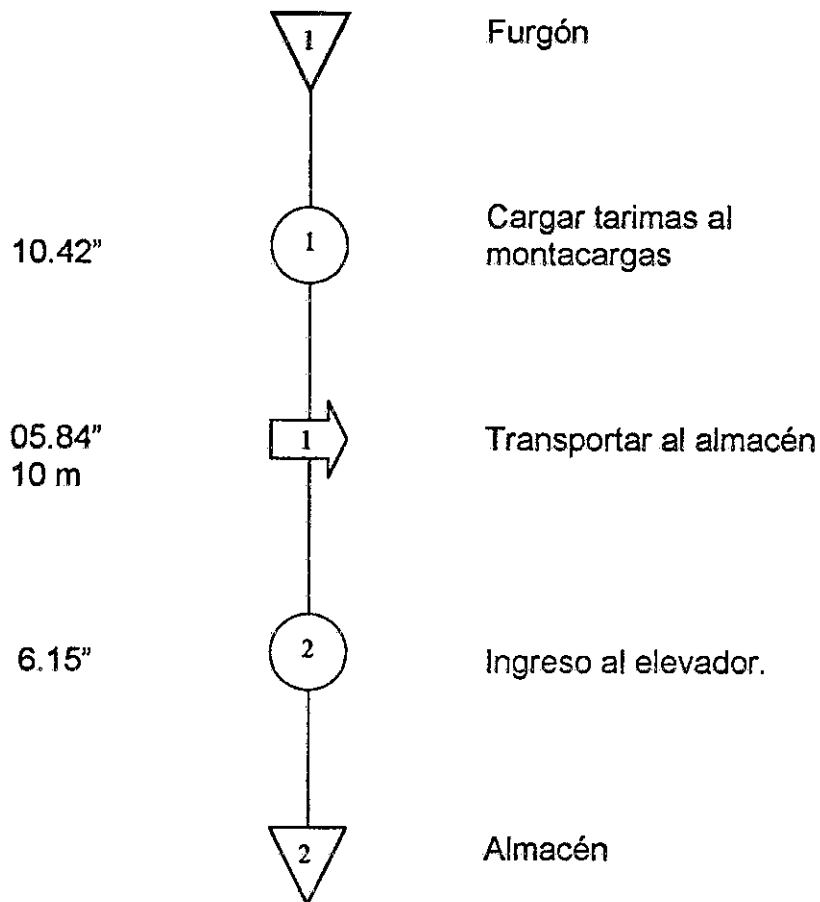
Diagrama de flujo del proceso No. 5




Asunto: Almacenamiento de productos que ingresan a las diferentes bodegas.

Método: Diagrama actual.

Fecha: Julio de 1999

Analista: Edna Rocío Martínez Cabrera.

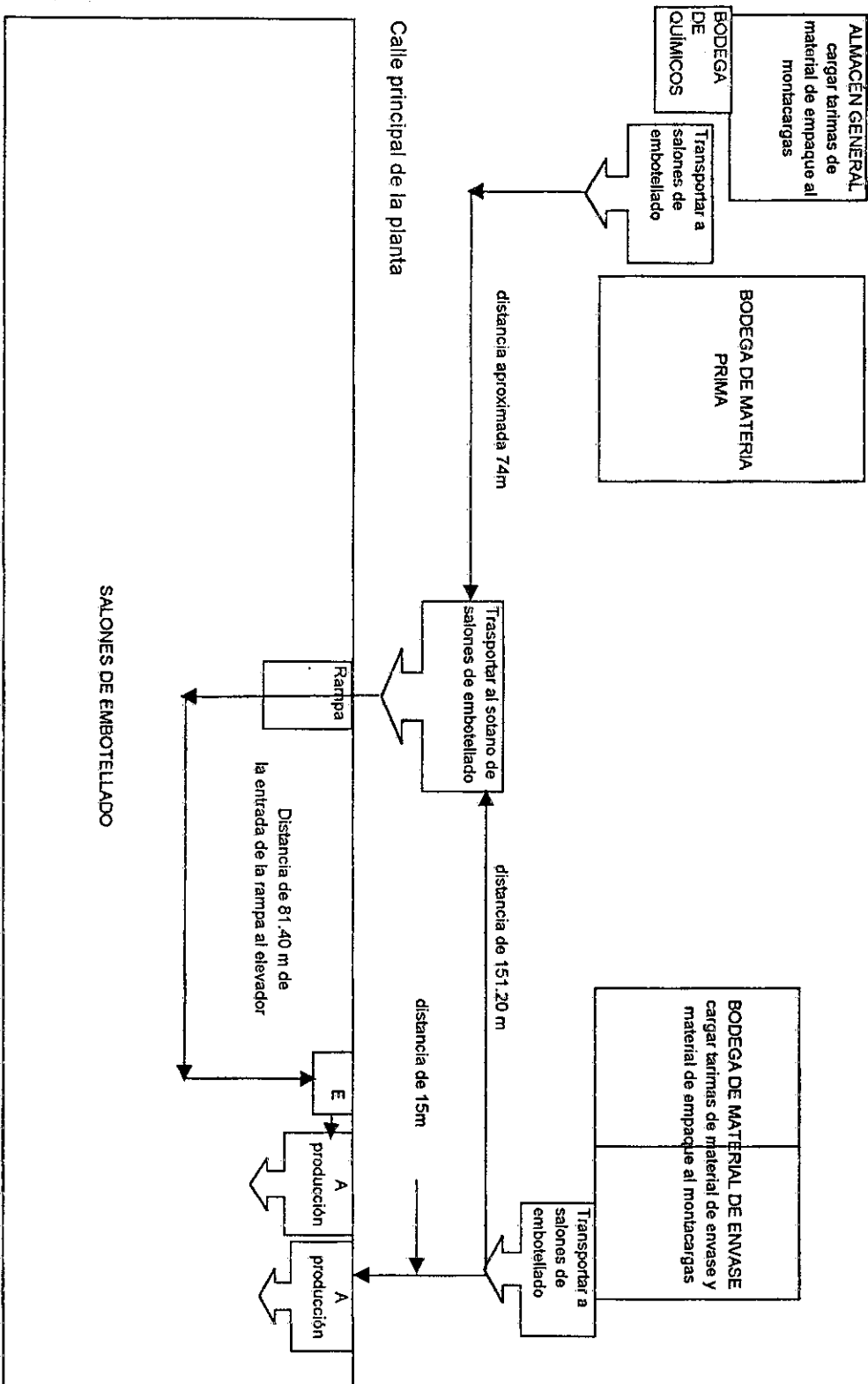


Signo	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operaciones realizadas durante el proceso.	2	16.57"
	Traslado de materiales de un lugar a otro.	1	05.84"
	Bodegas de almacenaje	2	
Totales			22.41"

La distancia total fue de 10 metros.



Figura 15  
 Diagrama de recorrido de entrega de materiales a producción. Estado actual



## **3. ANÁLISIS DE PROPUESTAS**

### **3.1 Definición**

A continuación se definen las propuestas para la centralización del Almacén General.

#### **3.1.1 Propuesta 1**

En esta se considera lo siguiente: trasladar el Almacén General, los Sub-almacenes de Repuestos 1 y 2, la bodega de Químicos y todo el material de empaque que se encuentra en la Bodega de Material de Envase al Sótano de los salones de embotellado (Ver anexo 5) a la cual en un estudio posterior se le conocerá como Área A. Esto significa que de 5 almacenes se dejen 2 únicamente, el Sótano de los salones de embotellado como el nuevo Almacén General Centralizado y la Bodega de Material de Envase (Ver anexo 2). El posicionamiento de los productos en el que se denominará el nuevo Almacén General Centralizado se hará de acuerdo a las características y rotaciones que se trataron en el capítulo anterior esto en el caso que esta propuesta pase la prueba de viabilidad.

#### **3.1.2 Propuesta 2**

Esta propuesta consiste en: Trasladar los Sub-almacenes de Repuestos a Almacén General después de ordenar las estanterías y eliminar a la mayoría de productos obsoletos. Esto tiene como finalidad unificar todas las existencias de repuestos, asignar al Sótano de Salones de Embotellado o bien Área A como Almacén de Material de Empaque. Esto significa desalojar de Almacén General y

Bodega de Material de Envase, el material de empaque (Tapas, Cajas de Cartón, Divisiones de Cartón, Etiqueta, etc.), y almacenarlo en dicha área, lo que contribuirá a dar un mejor servicio a los salones de embotellado porque del sótano se trasladan los materiales a las máquinas de embotellado. Además se podrá contar con la Bodega de Material de Envase a su máxima capacidad de almacenaje solo para envase de lata y envase plástico no retornable o PET.

### **3.1.3 Propuesta 3**

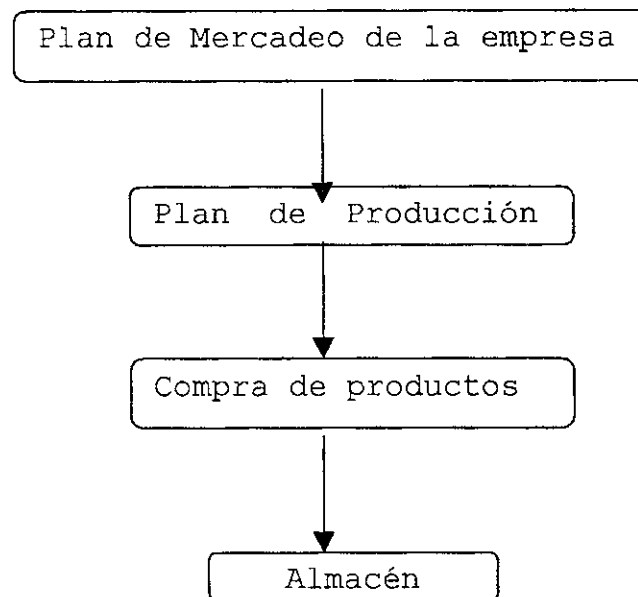
Esta propuesta se presenta de la forma siguiente: trasladar los Sub-almacenes de Repuestos a Almacén General después de ordenar las estanterías y eliminar la mayoría de productos obsoletos. Esto tiene como finalidad de unificar todas las existencias de repuestos, asignar al Sótano de Salones de Embotellado o bien Área A como Almacén de Material de Empaque. Esto implica desalojar del Almacén General y la Bodega de Material de Envase, el material de empaque - Tapas, Cajas de cartón, Divisiones de Cartón, Etiqueta- y almacenarlo en dicha área, lo que contribuirá a dar un mejor servicio a los salones de embotellado porque del sótano se trasladan los materiales a las máquinas de embotellado. Además se contara con la Bodega de Material de Envase a su máxima capacidad de almacenaje solo para envase de lata y envase plástico no retornable o PET añadiendo a esta bodega la capacidad de almacenaje de una porción de la bodega de materia prima a la cual se le analizará con el nombre de Área C de tal manera que el almacenaje de los materiales de envase sea de un "stock" mínimo de tres meses de requerimientos de producción.

## **3.2 Análisis de capacidad de áreas propuestas**

Cada una de las propuestas descritas en la sección anterior para ser

viabiles dependen de la capacidad de almacenaje de las áreas que se analizan en esta sección, dicha capacidad se determina de acuerdo al plan de mercadeo de la empresa en el cual se determina la cantidad de productos de cada línea de producción que debe ser fabricada en cada mes del año. El historial de cómo llegan los productos al almacén se describe a continuación:

Figura 16. Historial de la llegada de productos al almacén



Almacén tiene la función de custodiar la cantidad de productos necesarios para cumplir con los niveles de producción determinados por dichos plan de mercadeo. Los requerimientos se describen en tarimas.

### **3.2.1 Área A**

Así se le ha denominado al Sótano de los Salones de Embotellado mencionado en las propuestas, este tiene un área total de 3,209.30 m<sup>2</sup>.

Ver anexo 5.

#### **3.2.1.1 Espacios**

Dentro de esta área hay algunas que no pueden trasladarse a otro lugar debido al servicio que prestan a los salones de embotellado, estas se definen a continuación todas con referencia al anexo 5:

- Sub-estaciones eléctricas señaladas en el anexo 5 como A1, A2 y A3.
- Bodega de azúcar, esta abastece a la maquinaria que procesa los concentrados, la existencia de este producto no puede desaparecer pero si disminuirse. Anexo 5, área B.
- Área de procesamiento de concentrados: la maquinaria que aquí se encuentra procesa los concentrados y los transporta a las embotelladoras. Anexo 5, área C.
- Maquinaria para transportar las tapas a las taponadoras que se encuentran en los salones de embotellado. Anexo 5, área D.
- Sala de bombas: estas abastecen de agua a los salones de embotellado. Anexo 5, área E.
- Área de elevadores para transportar materiales a los salones de embotellado. Anexo 5, áreas F1 y F2.
- Áreas donde se almacenan tanques que contienen ácidos de diversos tipos. Anexo 5, área G.

- Cuartos fríos: aquí se almacenan los concentrados para la producción de bebidas. anexo 5, área H.
- Áreas ocupadas por otros departamentos los cuales no autorizan su uso. anexo 5, área I.

A partir de estas limitantes el resto del espacio esta autorizado para almacenaje y será utilizado solo si es adecuado para este fin.

### **3.2.1.2 Accesos**

Existe una rampa de entrada y salida al frente del sótano como lo muestran las flechas en el anexo 5. Se pueden observar también 2 elevadores que comunican al sótano con los salones de embotellado, anexo 5, áreas F1 y F2.

### **3.2.1.3 Condiciones ambientales**

Existen algunas áreas donde la iluminación es en cierto grado deficiente. Debido a que algunas lámparas ya cumplieron con su vida útil. La ventilación y la iluminación natural se aprovecha gracias a que se han colocado ventanas de paleta alrededor del sótano que se ubican a nivel del suelo a una altura aproximada de 1.50m. A esto también contribuye la entrada o rampa ya mencionada.

### **3.2.1.4 Capacidad de almacenaje**

Tomando en cuenta que hay áreas de las que se debe prescindir y que ocupar otras provocaría varias rutas en el abastecimiento de materiales, se ha

determinado como las áreas más convenientes para almacenamiento son las siguientes:

- **Área A**

Esta área la puede observar en el anexo 6, área A, la cual cuenta con las siguientes dimensiones:

Largo = 19.40m

Ancho = 17.40m

Altura = 4.15m

Con lo cual se obtiene un área de  $337.56\text{m}^2$  y un volumen de  $1\,400.90\text{m}^3$ . Hay que tomar en cuenta que se debe restar el área que ocupan las columnas, las cuales tienen una dimensión de 0.80m. de largo y de ancho, como se puede observar en el anexo 6 que hay 9 columnas, el área que ocupan es  $5.76\text{m}^2$ , con altura de 4.15m un volumen de  $23.90\text{m}^3$  con lo cual se obtiene lo siguiente:

$$\text{Área total} = 328.06\text{m}^2$$

$$\text{Volumen total} = 1\,361.46\text{m}^3$$

- **Área B**

Esta área la puede observar en el anexo 6, área B, la cual cuenta con las siguientes dimensiones:

Largo = 13.00m

Ancho = 13.30m

Altura = 4.15m

Con lo cual se obtiene un área de  $172.90\text{m}^2$  y un volumen de  $717.54\text{m}^3$ . Hay que tomar en cuenta que se debe restar el área que ocupan las columnas, las cuales tienen una dimensión de  $0.80\text{m}$ . de largo y de ancho, como se puede observar en el anexo 6 que hay 6 columnas, el área que ocupan en es  $3.84\text{m}^2$ , con altura de  $4.15\text{m}$  un volumen de  $15.94\text{m}^3$  con lo cual se obtiene lo siguiente:

$$\text{Área total} = 169.0\text{m}^2$$

$$\text{Volumen total} = 701.60\text{m}^3$$

- **Área C**

Esta área la puede observar en el anexo 6, área C, la cual cuenta con las siguientes dimensiones:

$$\text{Largo} = 21.50\text{m}$$

$$\text{Ancho} = 19.40\text{m}$$

$$\text{Altura} = 4.15\text{m}$$

Con lo cual se obtiene un área de  $417.10\text{m}^2$  y un volumen de  $1\,730.97\text{m}^3$ . Hay que tomar en cuenta que se debe restar el área que ocupan las columnas, las cuales tienen una dimensión de  $0.80\text{m}$ . de largo y de ancho, como se puede observar en el anexo 6 que hay 12 columnas, el área que ocupan en es  $7.68\text{m}^2$ , con altura de  $4.15\text{m}$  un volumen de  $31.87\text{m}^3$  con lo cual se obtiene lo siguiente:

$$\text{Área total} = 409.42\text{m}^2$$

$$\text{Volumen total} = 1\,699.09\text{m}^3$$



- **Área D**

Esta área la puede observar en el anexo 6, área D, la cual cuenta con las siguientes dimensiones:

Largo = 9.60m

Ancho = 6.30m

Altura = 4.15m

Con lo cual se obtiene un área de  $60.48\text{m}^2$  y un volumen de  $250.99\text{m}^3$ . Hay que tomar en cuenta que se debe restar el área que ocupan las columnas, las cuales tienen una dimensión de 0.80m. de largo y de ancho, como se puede observar en el anexo 6 que hay 2 columnas, el área que ocupan es  $1.28\text{m}^2$ , con altura de 4.15m un volumen de  $5.31\text{m}^3$  con lo cual se obtiene lo siguiente:

$$\text{Área total} = 59.20\text{m}^2$$

$$\text{Volumen total} = 245.68\text{m}^3$$

- **Área E**

Esta área la puede observar en el anexo 6, área E, la cual cuenta con las siguientes dimensiones:

Largo = 8.28m

Ancho = 7.05m

Altura = 4.15m

Con lo cual se obtiene un área de  $58.37\text{m}^2$  y un volumen de  $242.25\text{m}^3$ , hay que tomar en cuenta que se debe restar el área que ocupan las columnas, las cuales

tienen una dimensión de 0.80m. de largo y de ancho, como se puede observar en el anexo 6 que hay 4 columnas, el área que ocupan en es  $2.56\text{m}^2$ , con altura de 4.15m un volumen de  $10.62\text{m}^3$  con lo cual se obtiene lo siguiente:

$$\text{Área total} = 54.81\text{m}^2$$

$$\text{Volumen total} = 227.46\text{m}^3$$

Con estos datos se concluye que el área y volumen para almacenaje disponible en el Sótano de los Salones de Embotellado o Área A son de:

$$\text{Área total} = 1\,020.55\text{m}^2$$

$$\text{Volumen total} = 4\,235.28\text{m}^3$$

A continuación se analiza cuantas tarimas de material de empaque se pueden almacenar para cumplir con el plan de mercadeo de un mes y medio como mínimo, recordando que las tarimas donde se empaca el material de empaque son de dimensiones 1.20 por 1m lo que nos da un área por tarima de  $1.20\text{m}^2$  y que por la presencia de tubería en el techo del Sótano solo se pueden hacer dos estibaciones dato obtenido por observación directa (ver tabla VI), así también analizar el traslado de la Bodega de Químicos.

La capacidad de almacenar material de empaque con su stock mínimo y traslado de Bodega de Químicos a esta área se muestra en la tabla VII y en el anexo 7.

**Tabla VI. Requerimientos en tarimas de material de empaque para cumplir con el Plan de Mercadeo 1999.**

Requerimientos en tarimas de material de empaque línea de productos X			
	# de tarimas al año	en 1.5 meses, tarimas	Area en metros cuadrados
Cajas de cartón	866	108	130
Tapita	125	16	150
Tapita de colores	24	3	3.6
Requerimientos en tarimas de material de empaque línea de productos Y			
	# de tarimas al año	en 1.5 meses, tarimas	
Cajas de cartón	866	108	
Tapitas	700	87	
Tapón producto YA	2559	320	
Tapón producto YB	108	14	
Tapón producto YC	378	47	
Tapón producto YD	2	0	
Agrupando			
Cajas de cartón		108	64.8
Tapón producto YA		320	192
Tapón varios		1	0.60
Requerimientos en tarimas de etiqueta ambas líneas de producción.			
Linea de productos Y	# de tarimas al año	en 1.5 meses, tarimas	
Productos YB	13	2	
Productos YD	0	0	
Linea de productos X			
# de tarimas al año	en 1.5 meses, tarimas		
Producción total	26	3	

Tabla VII. Distribución de áreas en el Área A para almacenaje de material de empaque y traslado de Bodega de Químicos

	Áreas	Área del claro	Estibaciones	"Stock" mínimo
		Metros cuadrados	Altura	
A	Tapita (LPX)	145.20	2	2 meses 22 días
B	Tapita (LPY)	91.20	2	2 meses 19 días
C	Tapon vario (LPX)	72	2	2 meses 28 días
E	Tapon producto YA	199.20	2	1.5 meses
F	Cajas de cartón (LPX y LPY)	168	2	2 meses
G	Azúcar	207.50	4	1.5 meses
H	Etiqueta (LPY)	54	2	5 años
I	Etiqueta (LPX)	56	2	3 años
D	Bodega de Químicos	148	2	
	<u>Descripción</u>			
	Grasas			
	Aceites			
	Lubricantes			
	Jabones			
	Ácidos: Fosfórico, Clorhídrico, Nítrico.			
	Gas natural			
	Tiner			
	Pinturas			
	Tinta para "videoget"			
	<b>Total área ocupada</b>	<b>1140.94</b>		

LPX= Línea de productos X

LPY= Línea de productos Y

### **3.2.2 Área B**

Así denominamos a la Bodega de Material de Envase para este análisis.  
Ver anexo 2.

#### **3.2.2.1 Capacidad de almacenaje**

De igual manera que en el Área A se calcula la capacidad de almacenaje de la misma, para este análisis son importantes los siguientes datos: 1 tarima de envase de lata ocupa un área de  $1.20\text{m}^2$ . El área que ocupan 3 tarimas de envase de lata es la misma que ocupan 4 tarimas de envase plástico no retornable o PET. Los cálculos se observan en las tablas VIII y IX y en el anexo 8 con su respectiva explicación.

Tabla VIII. Requerimientos en tarimas para cubrir la demanda de material de envase de acuerdo al plan de mercadeo 1999

Requerimientos en tarimas de envase de lata línea de productos X	
	# de tarimas
Producto XA	6088
Producto XB	1053
Producto XC	55
Producto XD	35
Producto XE	130
Total	7361
Requerimientos en tarimas de envase de lata línea de productos Y	
	# de tarimas
Varios sabores	4126
Requerimientos en tarimas de envasePET línea de productos Y	
	# de tarimas
Varios sabores	8897

Tabla IX. Distribución de áreas para almacenaje de material de envase en las bodegas 1 y 2

Bodega 1		Distribución en Bodega de Material de Envase			
Capacidad de almacenamiento					
		32 tramos con una capacidad de 50 tarimas			Total: 1600
		8 tramos con una capacidad de 49 tarimas			Total: 392
					Total capacidad 1992
					(-) exportación 100
					Para cubrir la demanda nacional 1892
<b>Conclusión:</b>					
Si para cubrir un año necesito 7361 tarimas de lata con 1892 tarimas cubro: 3 meses con 2 días					
<b>Bodega 2</b>					
Capacidad de almacenamiento					
(1 tarima de envase de lata = 1.20m. cuadrados)					
(1 tarima de envase PET = 0.90m. cuadrados)					
PET	Area	Area, 4 tarimas	# tarimas/ área	# de tarimas en 2 estibaciones	
	526,65	3,60	585	1170	
Lata sabores	Area	Area en 3 tarimas	# de tarimas/áreas	# de tarimas en 3 estibaciones	
	521,85	3,60	435	1305	
Area PET	Demanda anual, tarima	Capacidad por tarim	Tiempo a cubrir	Conclusión	
	8897	1170	1,58	1 mes con 17 días	
Area lata		1305	3,80	3 meses 24 días	

### **3.2.3 Área C**

Con este nombre se ha denominado a la Bodega de Materia Prima, de la cual se puede disponer de una porción necesaria para almacenar material de envase para conseguir un almacenaje con un "stock " mínimo de 3 meses para este material.

#### **3.2.3.1 Capacidad de almacenaje**

Tomando en consideración que utilizando la Bodega de Material de Envase o Área B a su capacidad máxima de almacenaje se cubren los 3 meses de requerimientos de envase de lata para ambas líneas de producción más no para el envase plástico no retornable o PET. Por esta razón dentro del Área C ocuparemos aquel espacio que proporcione el stock mínimo deseado al ser sumado con el de Bodega de Material de Envase para el envase plástico no retornable o PET.

Si al fondo del Área C se toma un área de 18m de ancho y 32.60m de largo, con un total de 586 m<sup>2</sup> y tomando en cuenta que el envase no retornable PET solo soporta 2 estibaciones y que en 3.60m<sup>2</sup> de área se pueden almacenar 4 tarimas de este envase, en total en el área determinada se pueden almacenar 1,304 tarimas lo cual cubre una demanda de 1 mes con 22 días. Esta área se muestra en el anexo 9. Así uniendo las capacidades de almacenaje para envase no retornable PET, de las áreas B y C se cubre una demanda de 3 meses 7 días para este producto lo cual se considera suficiente para prestar un buen servicio al departamento de producción.



### 3.3 Prueba de viabilidad

A continuación se analiza la viabilidad de las propuestas definidas en la sección 3.1:

#### 3.3.1 Propuesta 1

Como primer paso se analiza si el Almacén General se puede trasladar al Sótano de Salones de Embotellado o Área A:

Área total para almacenaje del Área A	= 1 020.55 m <sup>2</sup>
Área total para almacenaje Almacén General	= <u>1 092.00 m<sup>2</sup></u>
Diferencia	71.45 m <sup>2</sup>

Por volúmenes:

Volumen total para almacenaje del Área A	= 4 235.28 m <sup>3</sup>
Volumen total para almacenaje Almacén General	= <u>8 190.00 m<sup>3</sup></u>
Diferencia	3 954.72 m <sup>3</sup>

Esto demuestra que la propuesta 1 no es viable ya que el Área A no proporciona el espacio y la altura necesarios de almacenaje para convertirse en el Almacén General Centralizado.

#### 3.3.2 Propuesta 2

Los estudios realizados en las áreas A y B demuestran que en el Área A se puede almacenar material de empaque con un stock mínimo de un mes y medio,

así como trasladarse la Bodega de Químicos. El Área B se queda exclusivamente para almacenar material de envase haciendo un desalojo de material de empaque el cual pasa al Área A.

Con lo que respecta a Almacén General y los Sub-almacenes de Repuestos 1 y 2, se hace el análisis siguiente:

En el entrepiso del Almacén General se tiene un total de 834 estantes de los cuales el 80% están ocupados con repuestos -665 estantes-. En el 3er. Nivel de este almacén hay un total de 686 estantes de los cuales el 90% están ocupados con repuestos -618 estantes-, en total ese tienen 1285 estantes para repuestos, si el porcentaje del total de repuestos que si tienen movimiento es del 31% se necesitan 399 estantes para almacenarlos.

En el Sub-almacén de Repuestos 1 se tiene un total de 472 estantes con repuestos de los cuales el 31% tienen movimientos entonces se requieren 147 estantes para almacenarlos.

En el Sub-almacén de Repuestos 2 se tiene un total de 559 estantes con repuestos de los cuales el 31% tienen movimientos entonces se requieren 174 estantes para almacenarlos.

Por lo tanto en total para almacenar el porcentaje de repuestos que si tienen movimiento se requieren:

Almacén General	= 399 Estantes
Sub-almacén de Repuestos 1	= 147 Estantes
Sub-almacén de Repuestos 2	= <u>174 Estantes</u>
Total	720 Estantes

Esto nos demuestra que el Almacén General tiene la capacidad necesaria para almacenar el porcentaje de repuestos que si tienen movimiento con lo que se concluye que la centralización de repuestos es posible.

Dado que esta propuesta es viable requiere de un análisis más detallado del servicio a prestar a la empresa por lo que en la sección que se refiere al servicio a esta propuesta se le conocerá con el nombre de Opción A.

### **3.3.3 Propuesta 3**

Los estudios realizados en las áreas A, B y C muestran que en el Área A se puede almacenar material de empaque con un stock mínimo de un mes y medio, así como trasladarse la Bodega de Químicos. El Área B se queda exclusivamente para almacenar material de envase haciendo un desalojo de material de empaque el cual pasa al Área A. El Área C tiene una capacidad de almacenaje de envase plástico no retornable o PET de 1 mes con 22 días por lo que al unirla a la capacidad de almacenaje del Área B para envase plástico no retornable o PET de 1 mes con 17 días, se logra un stock mínimo de 3 meses 9 días para dicho envase.

Con lo que respecta a Almacén General y los Sub-almacenes de Repuestos 1 y 2 el análisis de la unificación de los repuestos se realizo en la propuesta dos y bajo las mismas condiciones se considera en esta propuesta, la cual se hace viable bajo los mismos parámetros en los que se concluye que sí se necesitan 721 estantes para almacenar los repuestos que sí tienen rotación y el Almacén General tiene un total de 1285 estantes para almacenar repuestos si se puede lograr dicha unificación o centralización de repuestos.

Dado que esta propuesta es viable requiere de un análisis más detallado del servicio a prestar a la empresa por lo que en la sección que se refiere al servicio a esta propuesta se le conocerá con el nombre de Opción B.

### **3.4 Análisis de servicio para las propuestas que pasaron la prueba de viabilidad**

Este análisis se realiza a las dos propuestas que resultaron viables en la prueba de la sección 3.3, para lo cual se refiere a ellas como Opción A, nombre con el que se denominó para este estudio a la propuesta 2 y como Opción B, nombre con el que se denominó para este estudio a la propuesta 3.

#### **3.4.1 Sistema de información**

El sistema de información que actualmente se está introduciendo para el manejo de los productos en la empresa es el código de barras, el cual se considera que para ambas propuestas es beneficioso para lograr un servicio a los clientes más eficiente principalmente el servicio a las personas. " El código de barras se define como un grupo de líneas verticales continuas impreso en una etiqueta. El ancho del espacio entre las líneas se puede variar con el fin de crear un Código Único, es decir, se puede usar el ancho de los espacios y su disposición para denotar, una letra, un número o un símbolo. Ver figura 17, la cual muestra un código de barras típico.

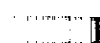
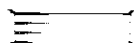


Figura 17. Código de barras típico



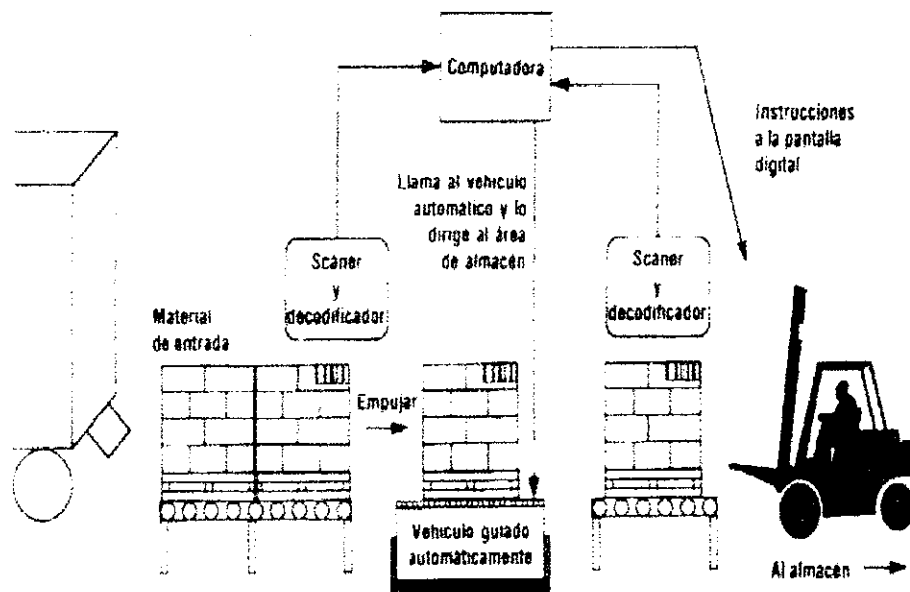
Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial**, Tomo IV, capítulo 7, -4ª. edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996-

El código de barras se lee por medio de un explorador (scanner) que desplaza un rayo de luz intensa a través de la etiqueta. La luz se refleja de regreso a través de los espacios que hay entre las barras, los decodificadores interpretan la información útil y la transmiten a una computadora o unidad de control para que la reciba y efectúe una acción.

La identificación rápida que proporciona el código de barras es en sí un elemento esencial en el funcionamiento de los sistemas modernos de ventas, producción y distribución. Con el código de barras se crea un número de identificación de producto universalmente reconocido. La información se utiliza para calcular el movimiento de los productos, para generar la información del segmento del mercado y para poner en marcha el reabastecimiento de las existencias. Además se puede acumular la información de cada artículo, en vez de la de cada grupo de productos y rápidamente se puede disponer de ella en todos los niveles de la administración. La mayor exactitud por minoración de la

información sobre el movimiento de los productos ha dado como resultado una significativa reducción del inventario en todos los niveles de la cadena de proveedores. Una mayor eficiencia en el uso de la inversión en inventarios, ha sido uno de los factores esenciales del mejor rendimiento en los costos y servicio en el tiempo. La computadora elige la ubicación del almacén o la línea de ensamble a la que debe entregarse el material y dirige el vehículo y sus movimientos (ver Figura 18).<sup>1</sup> Con este sistema se logra una identificación exacta de la ubicación, el movimiento y se actualizan instantáneamente los inventarios de los productos. Este también indica las cantidades óptimas de pedido lo que da como resultado una buena administración de los inventarios.

Figura 18. Forma en que se utiliza la identificación del producto para controlar los movimientos



Fuente: **Maynard, Manual del ingeniero industrial, Tomo IV, capítulo 7, -4ª. edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996-**

## 3.4.2 Servicio a los clientes

### 3.4.2.1 Personas

#### 3.4.2.1.1 Opción A

En esta Opción se continúa sirviendo a clientes internos y a proveedores en el mostrador del Almacén General. De acuerdo a los datos obtenidos en la sección 2.4.1, se tiene:

Con  $c = 2$  servidores

$\mu = 2.90$  clientes/hora

$\lambda = 4.75$  clientes/hora

Si se deseara reducir a un solo servidor el resultado del factor de utilización es  $\rho = 1.64$  por lo que sí este es mayor a 1 ese modelo no se puede utilizar, entonces se actuara bajo la condición de que  $c = 2$ .

$\rho = 0.83$

$P_0 = 0.099$  de probabilidad de que el sistema este vacío.

$L_q = 3.48$  clientes.

$W_q = 44$  minutos.

$W = 1$  hora 4 minutos.

$L = 5.13$  clientes.

Con el sistema de información que fue explicado en la sección anterior se espera que aumente la tasa de servicio a los clientes ya que se eliminará la búsqueda de los productos. El hecho de que existan 2 servidores es de utilidad en

Con  $c = 2$  servidores

$\mu = 2.90$  clientes/hora

$\lambda = 4.75$  clientes/hora

Si se deseara reducir a un solo servidor el resultado del factor de utilización es  $\rho = 1.64$  por lo que sí este es mayor a 1 ese modelo no se puede utilizar, entonces se actuara bajo la condición de que  $c = 2$ .

$\rho = 0.83$

$P_0 = 0.099$  de probabilidad de que el sistema este vacío.

$L_q = 3.48$  clientes.

$W_q = 44$  minutos.

$W = 1$  hora 4 minutos.

$L = 5.13$  clientes.

Con el sistema de información que fue explicado en la sección anterior se espera que aumente la tasa de servicio a los clientes ya que se eliminará la búsqueda de los productos. El hecho de que existan 2 servidores es de utilidad en

esta Opción ya que con ellos se dará un buen servicio a los clientes.

#### 3.4.2.1.2 Opción B

El servicio a las personas en esta Opción tiene lo mismos parámetros que la Opción A.



Con  $c = 2$ ,  $\rho = 0.600$  en este caso el sistema si se da abasto con 2 montacargas, aplicando las fórmulas del modelo  $M/M/c$  se tiene:

$P_0 = 0.25$  de probabilidad de que el sistema este vacío.

$L_q = 0.72$  clientes.

$W_q = 41$  minutos.

$W = 1$  hora 51 minutos.

$L = 1.93$  clientes.

De acuerdo a estos resultados se concluye que se deben asignar 2 montacargas en el servicio a los camiones.

#### **3.4.2.2 Opción B**

Esta Opción se encuentra bajo el mismo parámetro de servicio a los camiones de la Opción A, por lo que en este caso se concluye que se deben asignar 2 montacargas en dicho servicio.

#### **3.4.2.3 Entrega de materiales**

##### **3.4.2.3.1 Opción A**

La entrega de materiales se hace a través de montacargas y como este fue analizado en la sección 2.4.3, dicho análisis nos muestra los siguientes resultados: Con  $c = 1$  servidor, aplicando el modelo  $M/M/1$  con  $\mu = 0.84$  clientes/hora,  $\lambda = 0.87$  clientes/hora,  $\rho = 1.03$ , como el valor de  $\rho$  es  $> 1$  no puede aplicarse este modelo,

entonces aplicamos el modelo M/M/c:

Con  $c = 2$

$\rho = 0.5179$

$P_0 = 0.3179$  de probabilidad de que el sistema este vacío.

$L_q = 0.40$  clientes.

$W_q = 27.6$  minutos.

$W = 1$  hora 39 minutos.

$L = 1.44$  clientes.

Por los resultados obtenidos se concluye que deben asignarse 2 montacargas para la entrega de materiales.

#### **3.4.2.3.2 Opción B**

El servicio de entrega de materiales trabaja en esta Opción de igual manera que en la Opción A, por lo que se concluye lo mismo: se deben asignar 2 montacargas para la entrega de materiales.

### **3.4.3 Manejo de materiales**

#### **3.4.3.1 Opción A**

Debido a los beneficios que presentan las tarimas y los procesos de entarimado por medio de montacargas en esta propuesta se continuarán manejando los materiales de forma similar, de acuerdo al nivel de centralización logrado en esta propuesta. El proceso de manejo de materiales se describe en los diagramas de flujo del proceso 6 y 7 y diagrama de recorrido que se presentan a

continuación, dando muestra de los beneficios que se logran con dicha centralización. Por otra parte, para esta propuesta los montacargas que serán utilizados contarán con un accesorio en la horquilla de tal manera que esta tenga movimientos laterales que le permitan al operario centralizar las cargas eliminando los movimientos que debe realizar con el montacargas para esta operación. Los espacios y rutas para tránsito de dichas unidades automotoras dentro de los almacenes se muestran en los anexos 1, 7 y 8.

Figura 19.

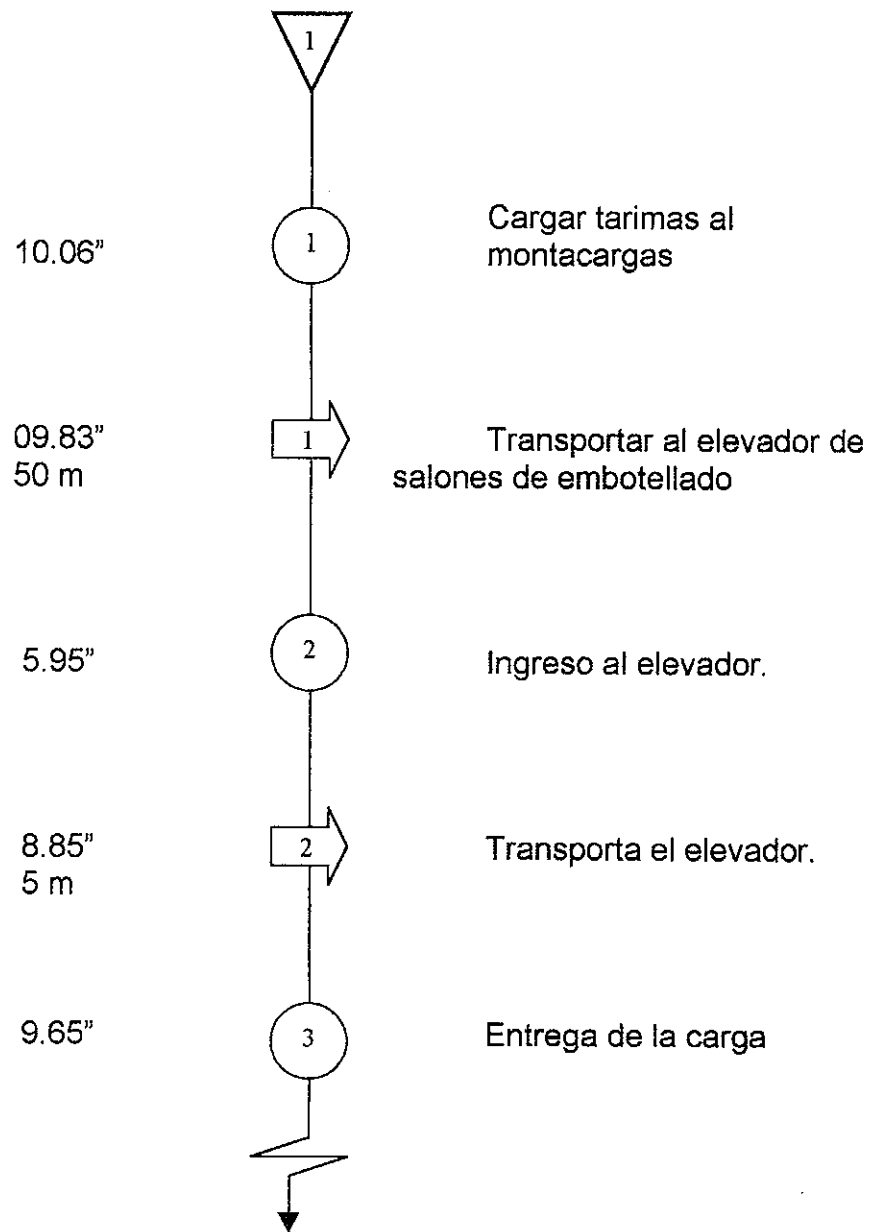
Diagrama de flujo del proceso No. 6




Asunto: Despacho de material de empaque de la nueva Bodega de Material de Empaque a salones de embotellado.

Método: Diagrama actual.

Fecha: Julio de 1999

Analista: Edna Rocío Martínez Cabrera.



Signo	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operaciones realizadas durante el proceso.	3	25.66"
	Traslado de materiales de un lugar a otro.	2	18.68"
	Bodegas de almacenaje	1	
Totales			44.34"

La distancia total fue de 55 metros.

Figura 20.

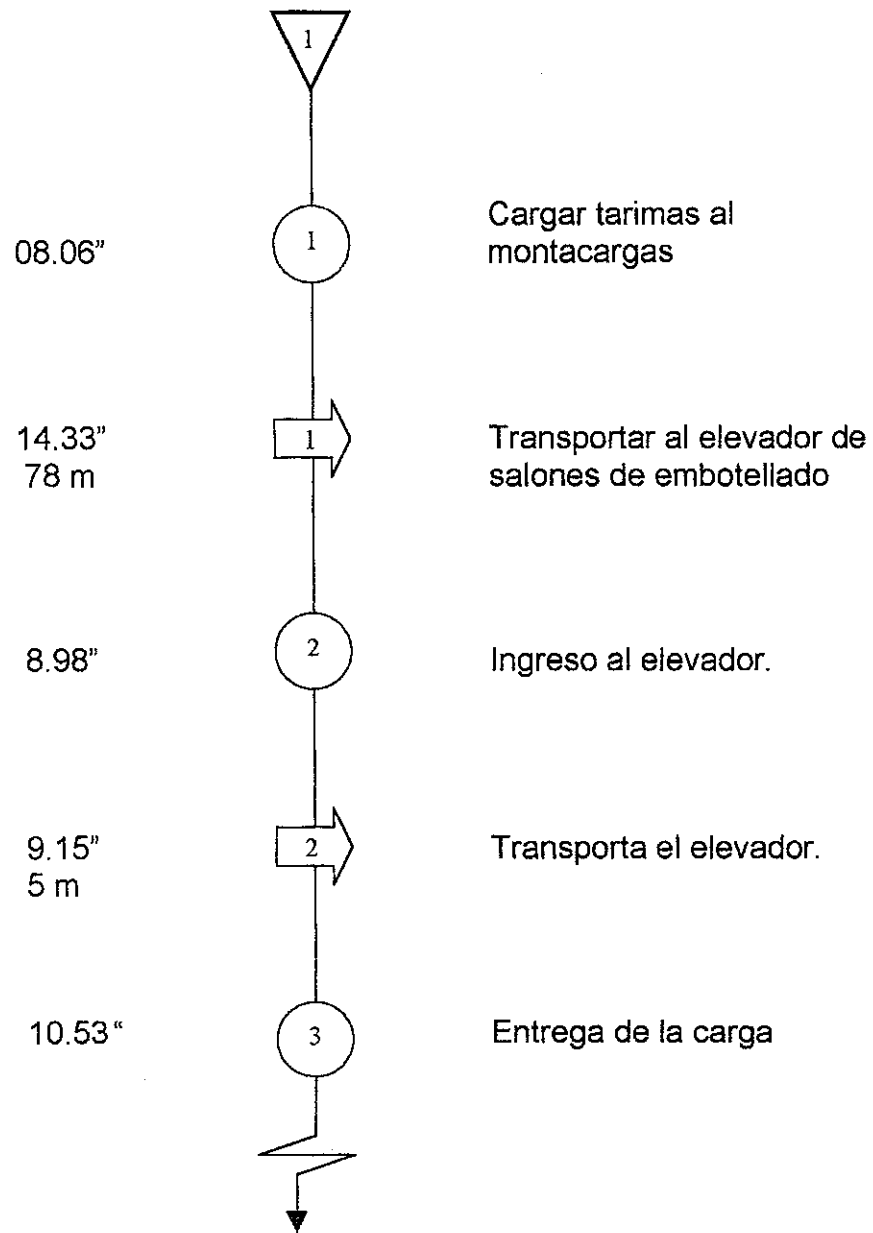
Diagrama de flujo del proceso No. 7




Asunto: Despacho de materiales de la nueva Bodega de Químicos a salones de embotellado.

Método: Diagrama actual.

Fecha: Julio de 1999

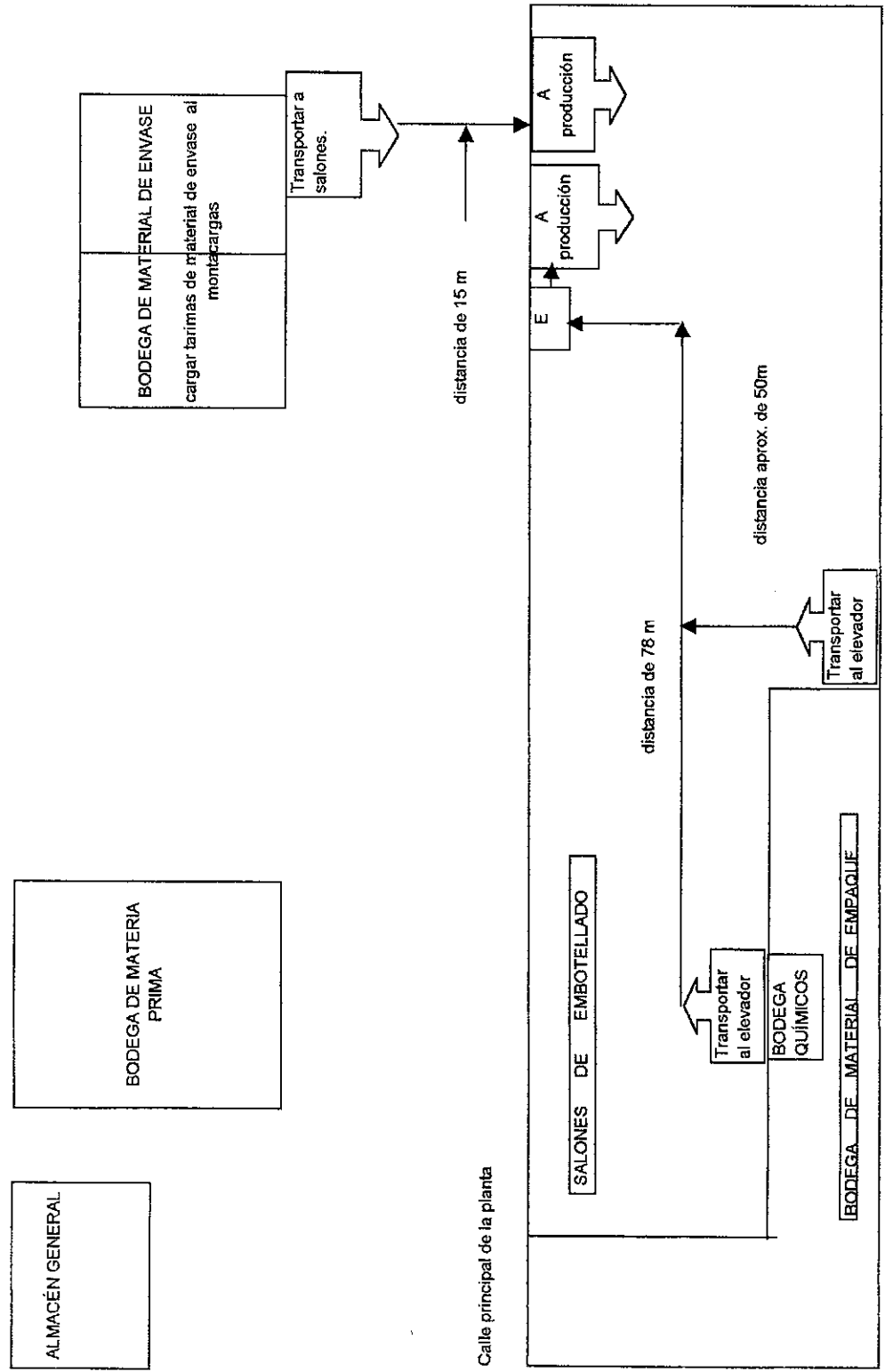
Analista: Edna Rocío Martínez Cabrera.



Signo	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operaciones realizadas durante el proceso.	3	27.57"
	Traslado de materiales de un lugar a otro.	2	23.28"
	Bodegas de almacenaje	1	
Totales			50.85"

La distancia total fue de 83 metros.

Figura 21  
 Diagrama de recorrido de entrega de materiales a producción. Opción A





### **3.4.3.2 Opción B**

Debido a los beneficios que presentan las tarimas y los procesos de entarimado por medio de montacargas en esta propuesta se continuarán manejando los materiales de forma similar, de acuerdo al nivel de centralización logrado en esta propuesta. El proceso de manejo de materiales se describe en los diagramas de flujo del proceso 6, 7 y 8 y diagrama de recorrido que se presentan a continuación dan muestra de los beneficios que se logran con dicha centralización. Por otra parte, para esta propuesta los montacargas que serán utilizados contarán con un accesorio en la horquilla de tal manera que esta tenga movimientos laterales que le permitan al operario centralizar las cargas eliminando los movimientos que debe realizar con el montacargas para esta operación. Los espacios y rutas para tránsito de dichas unidades automotores dentro de los almacenes se muestran en los anexos 1, 7, 8 y 9.

Figura 22.

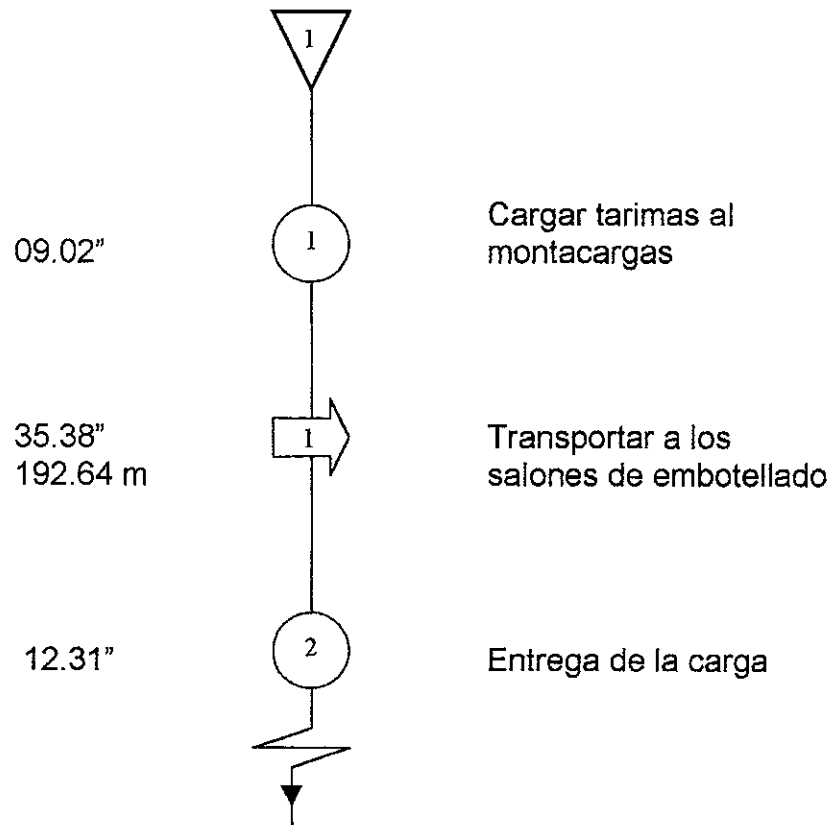
Diagrama de flujo del proceso No. 8




Asunto: Despacho de envase PET de la Bodega de Materia Prima a salones de embotellado.

Método: Diagrama actual.

Fecha: Julio de 1999

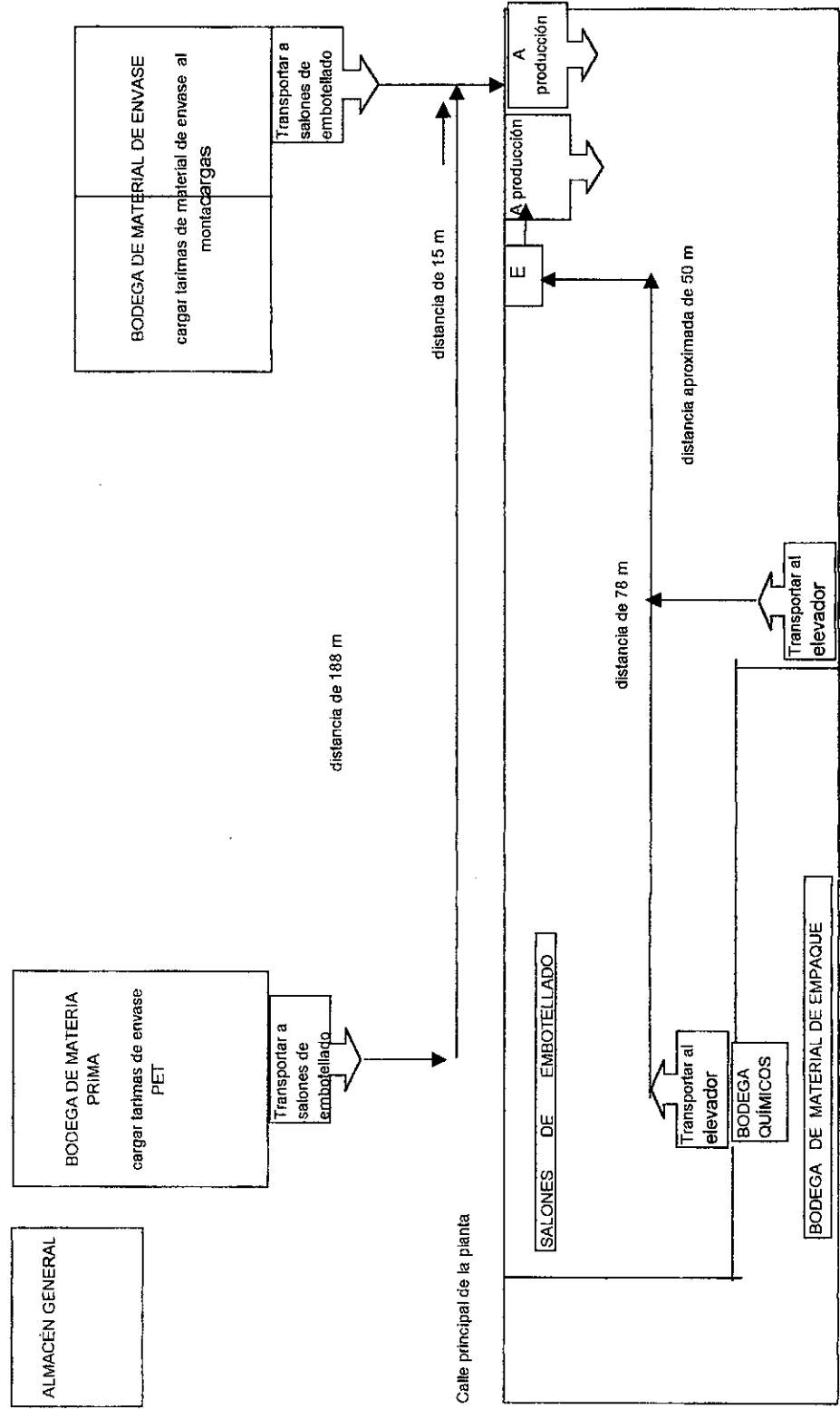
Analista: Edna Rocío Martínez Cabrera.



Signo	Descripción	Cantidad	Tiempo
	Operaciones realizadas durante el proceso.	2	21.33"
	Traslado de materiales de un lugar a otro.	1	35.38"
	Bodegas De Almacenaje	1	
Totales			21.30"

La distancia total fue de 192.64 metros.

Figura 23  
Diagrama de recorrido de entrega de materiales a producción. Opción B



### 3.5 Evaluación por factores de las opciones

Los factores que se consideran importantes para la decisión entre las opciones se presentan a continuación con sus respectivas ponderaciones de importancia:

<u>Factor</u>	<u>Ponderación</u>
Nivel de centralización	10 puntos.
Capacidad de almacenaje	10 puntos.
Servicio a las personas	10 puntos.
Servicio a los camiones	10 puntos.
Servicio de entrega de materiales	10 puntos.
Manejo de materiales	9 puntos.

De estos factores la calificación para cada opción es la siguiente:

#### Opción A.

<u>Factor</u>	<u>Calificación</u>
Nivel de centralización	10 puntos.
Capacidad de almacenaje	8 puntos.
Servicio a las personas	10 puntos.
Servicio a los camiones	10 puntos.
Servicio de entrega de materiales	10 puntos.
Manejo de materiales	9 puntos.

Capacidad de almacenaje tiene 8 de 10 debido a que no se cumple con un stock mínimo de 3 meses en envase no retornable PET.

Opción B.

<u>Factor</u>	<u>Calificación</u>
Nivel de centralización	7 puntos.
Capacidad de almacenaje	10 puntos.
Servicio a las personas	10 puntos.
Servicio a los camiones	10 puntos.
Servicio de entrega de materiales	10 puntos.
Manejo de materiales	5 puntos.

Nivel de centralización tiene 7 de 10 puntos ya que se descentraliza el material de envase, Manejo de materiales tiene 5 de 9 porque en esta opción se suma una ruta para montacargas en la distribución de material para envase plástico no retornable o PET, lo que implica aumento en los costos de manejo de materiales.

Tabla X. Evaluación por factores de las opciones						
Factor	Ponderación	Calificación	Opción A		Opción B	
			Calificación ponderada	Calificación	Calificación Ponderada	
Nivel de centralización	10	10	100	7	70	
Capacidad de almacenaje	10	8	80	10	100	
Servicio a las personas	10	10	100	10	100	
Servicio a los camiones	10	10	100	10	100	
Servicio de entrega de materiales	10	10	100	10	100	
Manejo de materiales	9	9	81	5	45	
<b>Total</b>			<b>561</b>		<b>515</b>	

Por lo que se concluye que la Opción A es la mejor.

## **4. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS**

### **4.1 Materiales obsoletos**

#### **4.1.1 Descripción**

De acuerdo a los niveles de rotación observados en la sección 2.3.2, se puede observar que varios de los productos en almacén no se mueven ni una sola vez en el año lo que origina que muchos de estos se han vuelto obsoletos. Entre estos se pueden mencionar:

##### **4.1.1.1 Repuestos**

El 69% del total de los repuestos no tienen movimiento. Las existencias tan grandes de estos productos es debe a que en el momento de adquirir nueva maquinaria su compra incluye un lote de repuestos lo cual se debe a que son maquinarias importadas y el pedido de un repuesto en un momento crítico traería consigo el paro de la producción perjudicial para la empresa. Todo esto implica que en el momento en que la maquinaria deja de ser útil en producción todo su lote de repuestos se convierte en obsoleto para la empresa, ocupando espacios y convirtiendo ese monto en capital muerto.

##### **4.1.1.2 Equipo de oficina**

El equipo de oficina obsoleto que está en almacén general lo constituyen: archivos de diversos tamaños, escritorios de tipo secretarial y



otros utensilios de oficina como sillas secretariales, máquinas de escribir, etc. Este es equipo que se ha ido desechando de las oficinas de la empresa.

#### **4.1.1.3 Materiales varios**

En almacén se encuentran materiales obsoletos de diversos géneros entre los que podemos mencionar:

**Materiales para construcción:** El 47% del inventario de este rubro no tiene movimiento. Muchos de estos productos llegan rápidamente a volverse obsoletos ya que en algunos casos estos se petrifican tal es el caso del cemento y la cal.

**Artículos promocionales:** El 68% del inventario de este rubro no se moviliza. Muchos de estos artículos son elaborados en diversos materiales como cartón, plásticos y lámina que son susceptibles a deteriorarse. Por otra parte, muchos de estos son específicos para promocionar productos en ciertas temporadas del año y al terminar este período lo que no se utilizó se almacena. Estos ocupan espacios indefinidamente porque estos ya no pueden utilizarse en otras campañas promocionales.

Existen muchos productos en almacén que son obsoletos y deben extraerse para que no sigan causando costo de almacenaje y que ya no formen parte de los inventarios.

#### 4.1.2 Plan de eliminación

En lo que se refiere a los repuestos, los departamentos de producción y mantenimiento deberán investigar que máquinas que se han vuelto obsoletas y por consiguiente determinar el lote de repuestos que también pasan a ser obsoletos, con ello se sabrá que repuestos se pueden sacar de almacén y también se podrá determinar cual sería la forma de eliminarlos obteniendo el mayor margen de beneficios.

El equipo de oficina se vendería a los empleados o proveedores que visiten el almacén, a precios cómodos de tal manera que se puedan aprovechar los espacios que ocupan estos productos, con cierto margen de utilidad.

Del resto de los productos obsoletos muchos ya caducaron o se deterioraron y es mínimo el provecho que se puede obtener de estos por lo que algunos deberán de tirarse a la basura.

Alguno de los sub-almacenes de repuestos puede servir como bodega de obsoletos de tal manera que se obtenga espacios y limpieza en el Almacén General. Esta sería una bodega provisional conforme se van eliminando los productos obsoletos de forma constante.

Para esta labor es de gran utilidad el sistema de información mencionado en él capítulo anterior ya que con él se puede conocer la cantidad y la ubicación exacta de los productos que no se están movilizandoy que se han vuelto obsoletos. Por otra parte, a la vez de etiquetar los productos se podrá realizar una inspección lo que facilitará la extracción de los materiales obsoletos.

## **4.2 Acondicionamiento físico para almacenaje**

### **4.2.1 Lista de condiciones no adecuadas**

A continuación se presenta la lista de los cambios físicos que deben realizarse dentro del sótano de salones de embotellado de manera que sea adecuado para el servicio de almacenaje que se desea dar (Ver tabla XI). Estos cambios físicos se pueden observar en los anexos 5 y 6.

Tabla XI. Listado de cambios físicos necesarios para almacenamiento

Retiro de malla			
No.	Largo (m)	Alto (m)	Total metros cuadrados
1	9.2	4	36.8
2	2.2	4	8.8
3	3	4	12
4	5.5	4	22
5	5.8	4	23.2
6	5.8	4.3	24.94
7	5.8	4.3	24.94
8	5.8	4.3	24.94
9	4.6	1	4.6
<b>Total</b>	<b>47.7</b>	<b>3.77</b>	<b>182.22</b>

Derrumbamiento de la construcción			
No.	Largo (m)	Alto (m)	Total metros cuadrados
1	4.7	4.3	20.21
2	9.5	4	38
3	0.8	4.3	3.44
4	0.8	4.3	3.44
5	3.1	4.3	13.33
6	4.6	4	18.4
7	12.3	4	49.2
8	5.9	4.3	25.37
<b>Total</b>	<b>41.7</b>	<b>4.1875</b>	<b>171.39</b>

Derrumbamiento de paredes de propanel			
No.	Largo (m)	Alto (m)	Total metros cuadrados
1	5.7	3.5	19.95
2	2	3.5	7
3	5.8	3.5	20.3
4	1	3.5	3.5
<b>Total</b>	<b>14.5</b>	<b>3.50</b>	<b>50.75</b>

Construcciones de pared de ladrillo			
No.	Largo (m)	Alto (m)	Total metros cuadrados
1	5.8	4	23.2
2	2.2	4	8.8
3	4.6	1	4.6
4	12.2	4.3	52.46
<b>Total</b>	<b>24.8</b>	<b>3.33</b>	<b>69.06</b>

Cierre de ventana y puerta, con ladrillo			
No.	Largo (m)	Alto (m)	Total metros cuadrados
1	1.2	1	1.2
2	1.2	1	1.2
3	0.8	2	1.6
<b>Total</b>	<b>3.2</b>	<b>1.33</b>	<b>4</b>

<b>Eliminación de servicio sanitario</b>		
Largo:	3.5 m	Área: 5.25 metros cuadrados cuenta con 3 artefactos.
Ancho	1.5 m	
<b>Otros rubros a presupuestar</b>		
No.	Descripción	
1	Comprar y colocar 9 lámparas de 2x40 tipo industrial, fluorescentes de 2 tubos.	
2	Instalación completa de lámparas antiexplosión en un área de 148 m cuadrados, largo 13.2 m, ancho = 11.2 m, altura = 4.30 m	

#### **4.2.2 Presupuesto de mejoras**

A continuación se presenta el presupuesto de mejoras, en donde se detallan los materiales a utilizar con su respectivo costo así como el costo de la mano de obra necesaria en la realización de la obra física de acuerdo a la mejor de las cotizaciones obtenidas:

##### **Retiro de malla y derrumbamiento de paredes de propanel**

“Las estructuras de malla actual a retirar en total constituyen 182.22m<sup>2</sup>. Si retirar 1 m<sup>2</sup> de malla tiene un costo de Q10.00, en total se tiene un costo de Q.1, 822.20.

La edificación con paredes de propanel constituyen en total 50.75m<sup>2</sup>, si retirar 1 m<sup>2</sup> de pared de propanel tiene un costo de Q10.00, en total se tiene un costo de Q.507.50.

##### **Derrumbamiento de la construcción**

La construcción actual en paredes como divisiones o paredes de oficinas en el Sótano de los salones de embotellado constituyen un total de 177.39m<sup>2</sup>. Si derrumbar 1 m<sup>2</sup> de pared de ladrillo tiene un costo de Q20.00, en total se tiene un costo de Q.3,427.80.

##### **Construcciones de paredes en ladrillo**

Para poder habilitar varias áreas en el Sótano de los Salones de

Embotellado para almacenaje es necesario construir 4 paredes las cuales en total constituyen 89.06m<sup>2</sup>. Si construir 1 m<sup>2</sup> de pared de ladrillo tiene un costo de mano de obra de Q60.00, en total se tiene un costo de mano de obra de Q.5,343.60.

Para el cierre de ventanas y puerta con ladrillo el costo por mano de obra por ventana es de Q.60.00 y en vista que son 2 el costo total por mano de obra en el cierre de las ventanas con ladrillo es de Q.120.00, el costo de mano de obra por cierre de la puerta con ladrillo tiene un costo de Q.80.00 lo que nos da un total de costo de mano de obra por el cierre de ventanas y puerta con ladrillo de Q.200.00.

La eliminación del servicio sanitario tiene un costo por mano de obra de Q.225.00.

### **Costo por materiales**

Los materiales y su costo para la realización de las construcciones arriba mencionadas son los siguientes:

Material	Costo
4,588 ladrillos	Q.2,752.80
6m <sup>2</sup> de arena de río	Q. 360.00
3m <sup>2</sup> de piedrín	Q. 360.00
82 varillas de 3/8"	Q. 693.00
30 varillas de 1/4 "	Q. 116.00
25lbs. de alambre de amarre	Q. 56.25

60qq de Cemento (6,000lbs.)	<u>Q.1,470.00</u>
Total	Q.5,808.00

**Otros rubros a presupuestar:**

Compra y colocación de 9 lámparas de tipo industrial fluorescentes de 2 tubos. Cada lámpara tiene un costo de Q.152.67 lo cual nos da un costo total de Q.1,374.05. El costo por mano de obra asciende a la cantidad de Q.750.00<sup>2</sup>.

"La instalación de lamparas anti-explósión en la nueva Bodega de Químicos ubicada en el Sótano de los Salones de Embotellado con un área total de 148m<sup>2</sup> consiste en: la compra de 10 lámparas anti-explósión las cuales tienen un costo unitario de Q.3,000.00 lo que nos da un costo total de Q.30,000.00, para su colocación se deben retirar las lámparas que actualmente se encuentran en esta área y colocar el alambrado y las cajas octogonales para estas lamparas. Esto constituye un costo por mano de obra de Q.9,950.00<sup>3</sup>.

De todo esto se concluye que el costo total en obra física en materiales asciende a la cantidad de Q.37,182.00 y el costo por mano de obra es de Q.22,226.61. Por lo tanto el total del presupuesto por mejoras asciende a la cantidad de Q.59,408.10.



## CONCLUSIONES

- 1 De las propuestas consideradas para la centralización del Almacén General dos pasaron la prueba de viabilidad: la Propuesta 2 denominada Opción A y la Propuesta 3 denominada Opción B. De acuerdo con una evaluación por factores de servicio prestado a la empresa, la Opción A es la que obtuvo un puntaje más alto, por lo que se concluye que ésta es la mejor para dicha centralización.
- 2 De acuerdo con la Opción A se eliminará la duplicación de existencias referentes a: repuestos, material de empaque y material de envase con lo cual se logra una ubicación ordenada de estos y todos los demás productos del Almacén General.
- 3 La clasificación de los productos de acuerdo con el análisis de estratificación ABC es la siguiente:

A = abarca el 80% del volumen total en dinero y un 10% de la cantidad total de productos que se manejan en el almacén.

B = abarca el 10% del volumen total en dinero y un 30% de la cantidad total de productos que se manejan en el almacén

C = abarca el 5% del volumen total en dinero y un 60% de la cantidad total de productos que se manejan en el almacén.

4 La actual distribución de espacios en los almacenes en estudio es la siguiente:

- Almacén General: En los 3 niveles de estantería, el 83.33% está ocupado con repuestos y el resto con productos varios. La mayoría de estantes para tarimas están ocupadas con productos que no soportan más de dos estibaciones. Este es el caso de algunos materiales de empaque como las etiquetas.
- Sub-Almacenes de Repuestos 1 y 2: Todos están ocupados por estanterías de diversos tamaños con repuestos para maquinaria de embotellado.
- Bodega de Material de Envase: almacena, en un 70%, de su capacidad material para envase y en el resto se almacena material de empaque y otros productos.
- Bodega de Químicos: está, en su totalidad, destinada a productos químicos.

5 Los resultados nos demuestran que las tasas de servicio a los clientes son:

Servicio a las personas:  $\mu = 2.88$  clientes/hora.

Servicio a los camiones:  $\mu = 0.858$  clientes/hora.

Servicio de entrega de materiales:  $\mu = 0.84$  clientes/hora.

6 Para dar un buen servicio a los clientes de acuerdo con el estudio realizado se necesitan para:

Servicio a las personas:  $c = 2$  servidores en paralelo.

Servicio a los camiones:  $c = 2$  servidores en paralelo.

Servicio de entrega de materiales: c = 2 servidores en paralelo.

- 7 De acuerdo con los niveles de rotación se ha demostrado que gran cantidad de los productos de naturaleza general, en su mayoría, son obsoletos. Para su eliminación será necesario del apoyo de los departamentos interesados directamente en estos productos como el caso de producción y mantenimiento mecánico, en lo referente a repuestos. Así también, el sistema de información será de gran utilidad para la localización de estos productos, lo que contribuirá a su eliminación rápida.
- 8 El monto total del presupuesto por acondicionamiento físico para almacenaje de las áreas involucradas en las propuestas es de Q.59,408.10.

## RECOMENDACIONES

1. Para determinar con mayor exactitud los parámetros  $\mu$  y  $\lambda$  y por consiguiente el número  $c$  de servidores necesarios para prestar un buen servicio a los clientes, es recomendable hacer un seguimiento del estudio de teoría de colas como el de la sección 2.4 por un mínimo de 6 meses más.
2. Utilizar alguno o ambos almacenes de repuestos para colocar los productos obsoletos que se originen de las inspecciones mientras se eliminan por completo.
3. Las puertas de malla deben permanecer cerradas en los almacenes, para controlar mejor los ingresos y egresos de personas y montacargas al almacén.
4. Entre las 10:00 a 11:00 y las 15:30 a 16:00 horas se congestiona el sistema de servicio a las personas, porque tanto clientes internos como proveedores se presentan en estos lapsos al almacén. El tiempo de servicio a los proveedores tiende a ser más largo en ciertos casos debido a la verificación de los productos. Los proveedores se presentan de acuerdo a sus horarios establecidos mientras que los clientes internos poseen el resto de las 10 horas en las que opera el almacén para retirar sus pedidos. Para beneficio de todos es recomendable que los clientes internos se presenten a otras horas del día para que todos reciban un mejor servicio.

5. La utilización de montacargas con horquillas de movimientos laterales facilitarían el trabajo del operario de dichos automotores, por lo que esta propuesta debe ser tomada en consideración.

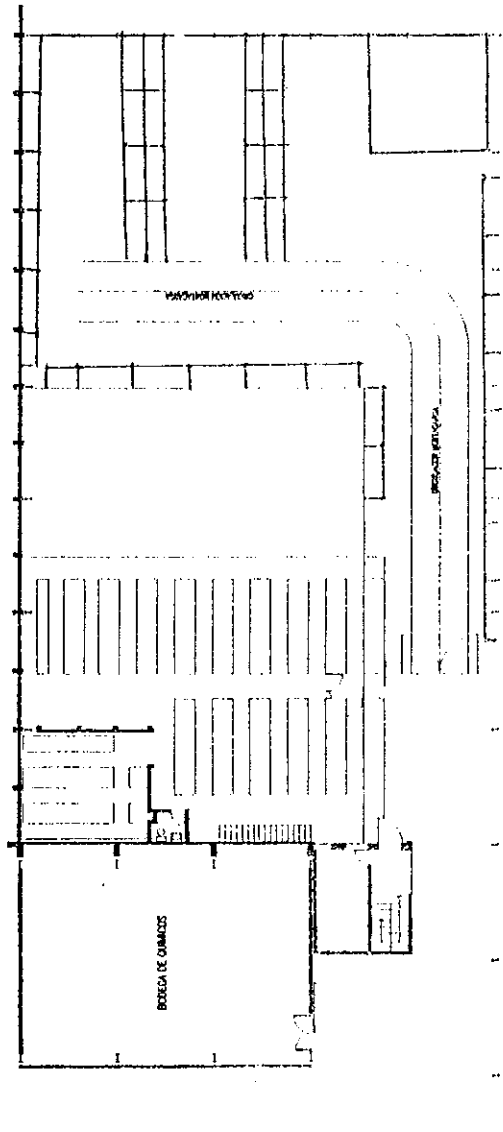
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. William K. Hodson. **Maynard, Manual del Ingeniero Industrial**, Tomo IV ( 4ª edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996), p. 13.148.
2. Luis Ogáldez. Guatemala, 8 de abril de 1999. (Comunicación personal)
3. Carlos García. Guatemala, 5 de abril de 1999. (Comunicación personal)

## BIBLIOGRAFÍA

1. DICCIONARIO enciclopédico Océano Uno Color. España: Grupo Editorial Océano. 1998.
2. HILLIER, Frederick S. y Gerald J. Lieberman. **Introducción a la Investigación de operaciones**. 4ta. edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1997.
3. HODSON, William K. **Maynard, Manual del Ingeniero Industrial**. 4ta. edición, México: Editorial McGraw-Hill, 1996.
4. IMMER, John R. **Manejo de Materiales**. 2da. edición, México: Publicaciones Marcombo, 1983.
5. JENKINS, C.H. **Guía completa para La Administración Moderna de Almacenaje**. 3ra. edición, México: Prentice-Hall, 1995.
6. KULWIEC, R.A. **Manual del Manejo de Materiales**. 2da. edición, México: McGraw-Hill, 1996.
7. NIEBEL, Benjamin W. **Ingeniería Industrial, Métodos, Tiempos y Movimientos**. 3ra. edición, México: AlfaOmega , 1995.

Figura 24 Almacén General y Bodega de Químicos





Anexo 2

Figura 25. Bodega de Material de Envase

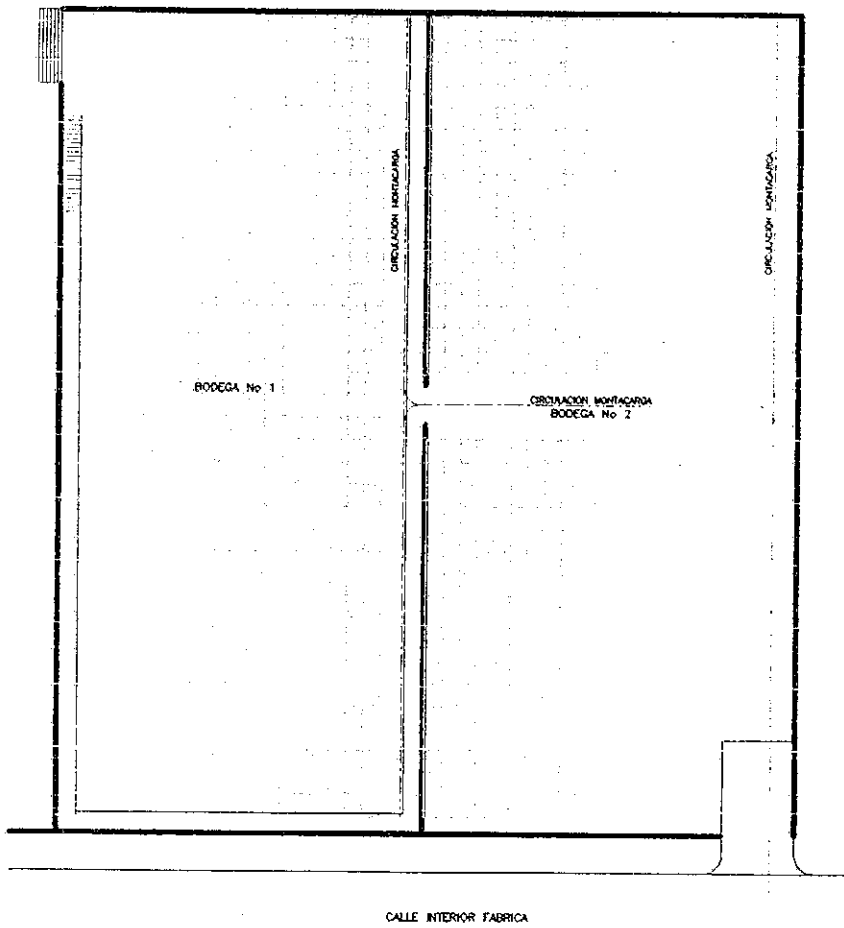
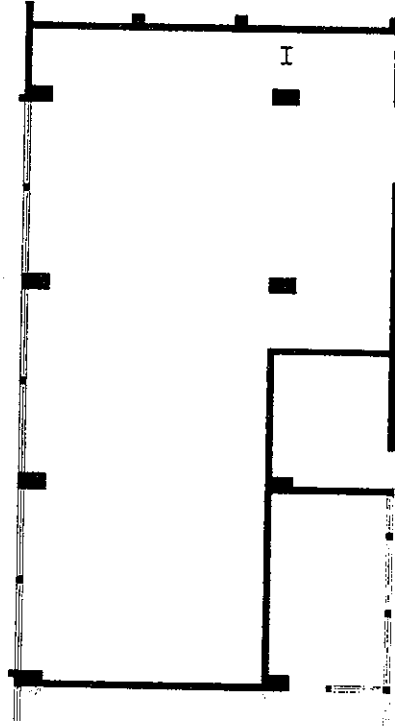


Figura 26. Sub-almacén de Repuestos 1



Anexo 4

Figura 27. Sub-almacén de Repuestos 2

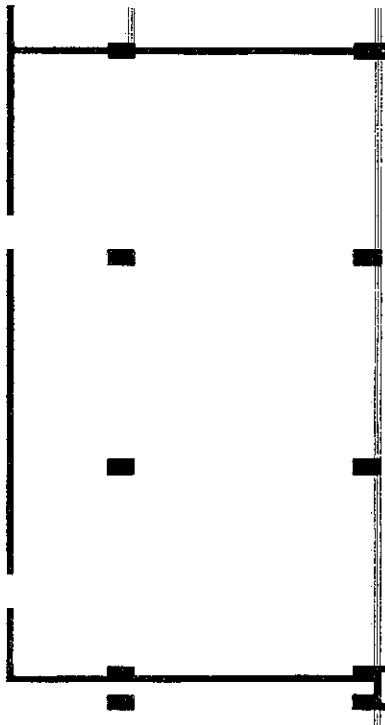
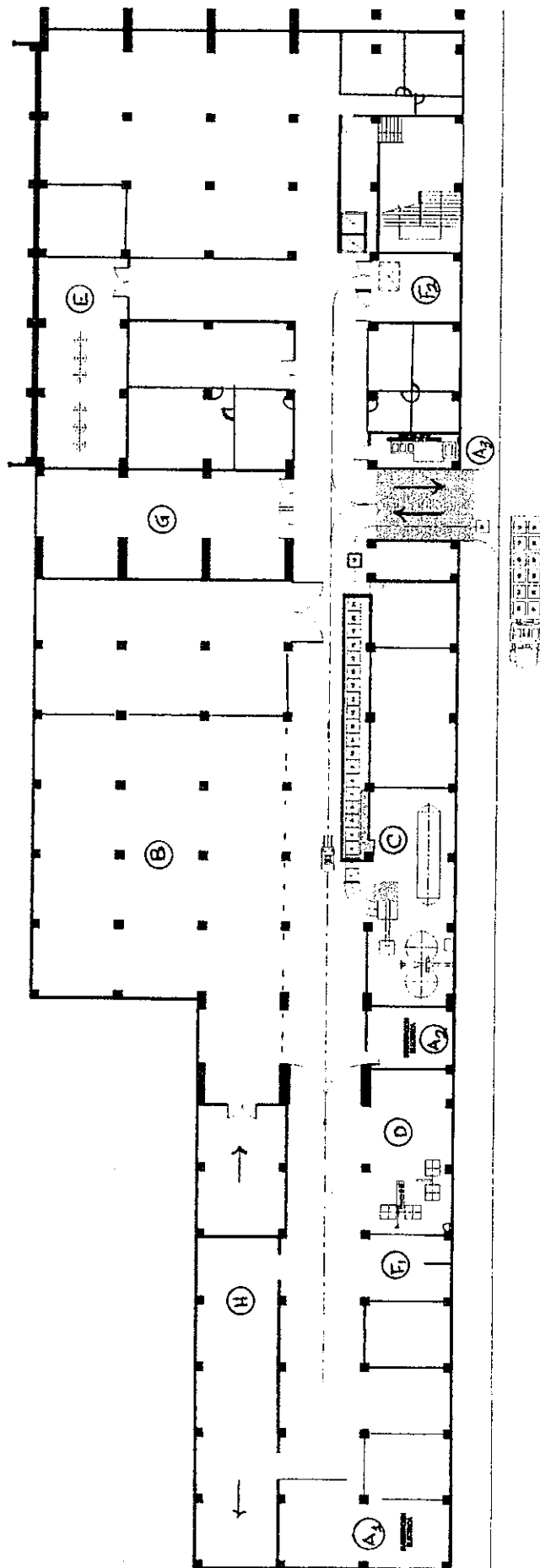
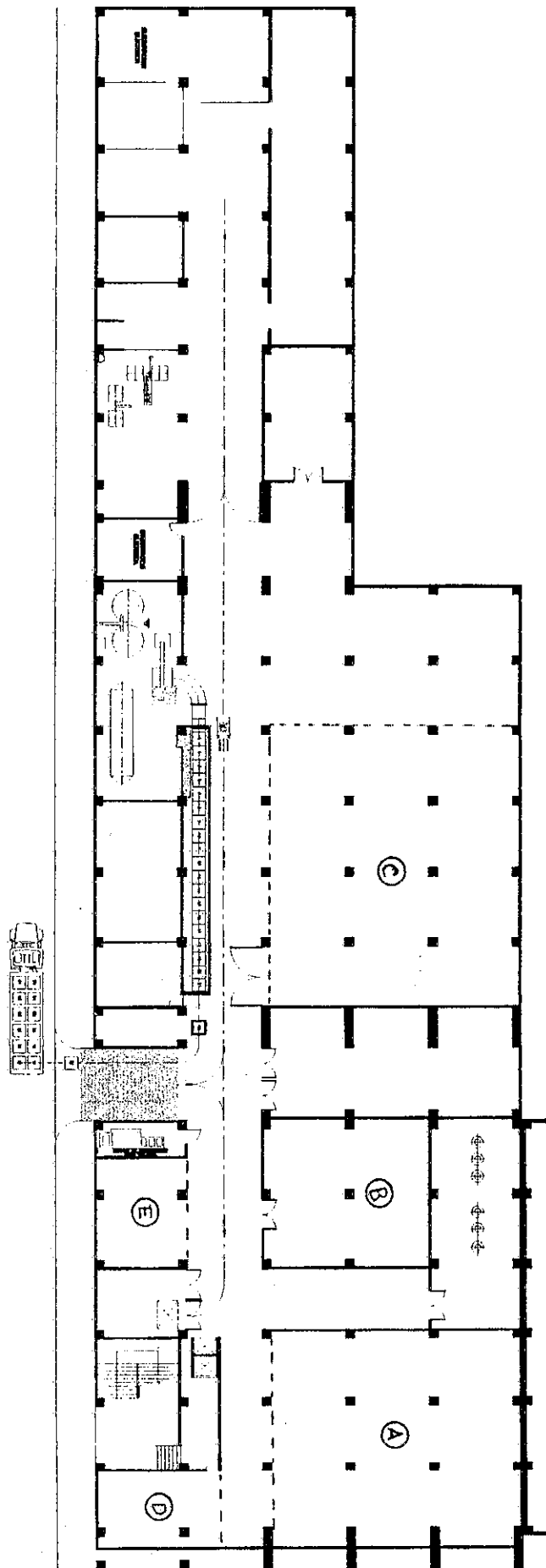


Figura 28. Sótano de Salones de Embotellado  
Descripción de áreas



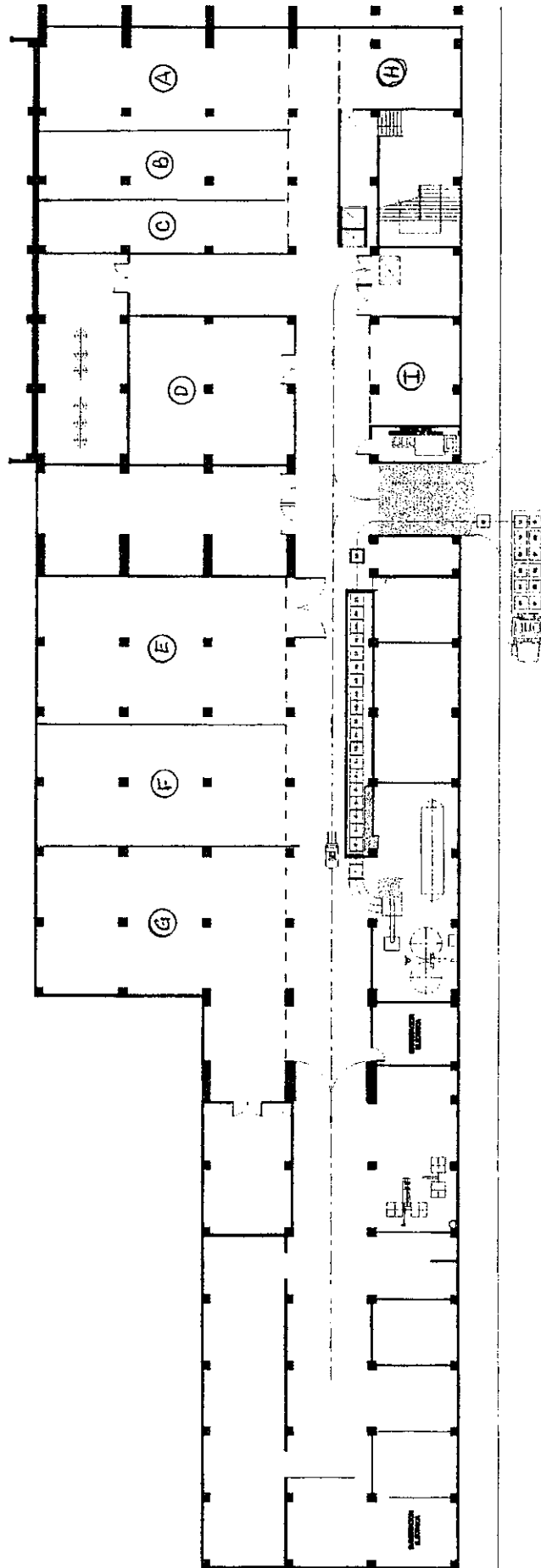
Anexo 6

Figura 29. Sótano de Salones de Embotellado  
Áreas para almacenaje disponibles



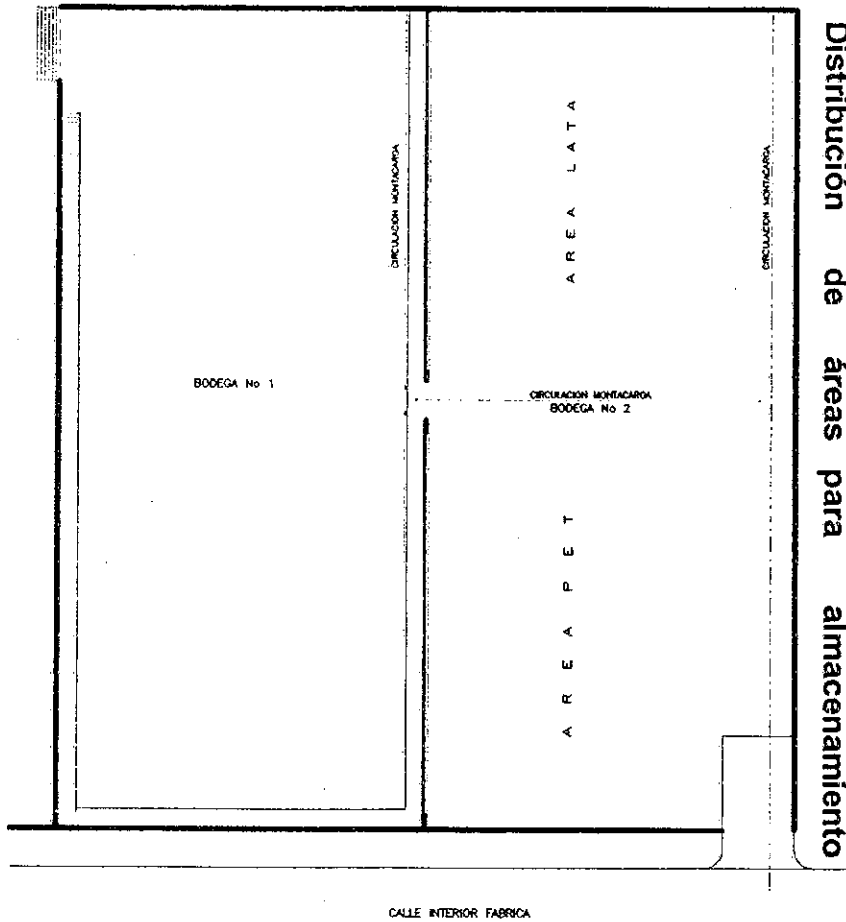
Anexo 7

Figura 30 Sótano de Salones de Embotellado  
Distribución de áreas para almacenaje



Anexo 8

Figura 31. Bodega de Material de Envase  
Distribución de áreas para almacenamiento



Anexo 9

Figura 32 Bodega de Materia Prima

