UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA EN LAS OPERACIONES DE MANEJO DE MATERIALES, UBICACIÓN DE PRODUCTOS Y SISTEMA DE CARGA-DESCARGA, DE UN ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO Y RETORNABLE, PARA UNA EMPRESA CERVECERA."

Tomo I

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: VEINTE (20)

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: FRANCISCO VAZQUEZ.	Nombre: JOSBAN DÍAZ	Nombre: DIEGO S. CASAÑAS

REALIZADO POR	**Br. Isabel Carrión**
PROFESOR GUIA	**Ing. Francisco Vázquez**
FECHA	**Febrero 2007**

Índice General

Introducción 1

1. CAPÍTULO I: La empresa

1.1 Historia 4

1.2 Estructura organizativa 4

1.3 Misión 5

1.4 Visión 5

2. CAPÍTULO II: El problema

2.1 Descripción de los principales problemas 6

2.1.1 Toboganes 6

2.1.2 Capacidad del espacio físico 7

2.1.3 Los elevados tiempos del proceso descarga-carga de gandolas 8

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general 8

2.2.2 Objetivos específicos 8

2.3 Alcance 9

2.4 Limitaciones 9

3. CAPÍTULO III: Marco teórico

3.1 Conceptos y principios de almacenamiento 10

3.1.1 Almacén 10

3.1.2 Consideraciones para planear los almacenes 10

3.1.3 Manejo de materiales 11

3.1.4 Distribución física 12

3.1.5 Principios generales 13

3.1.5.1 Principio de capacidad 13

3.1.5.2 Principio de movimiento 14

3.1.5.3 Principio de simplificación 14

3.1.5.4 Principio de estandarización 15
3.1.5.5 Principio del tiempo ocioso 15
3.1.6 Otros principios específicos 17
3.1.7 Estanterías de movimiento por gravedad, estantes dinámicos 18
3.2 Análisis estadístico
3.2.1 Gráficas de control 18
3.2.2 Pruebas de hipótesis 19
3.2.3 Pruebas paramétricas y no paramétricas 21
3.2.4 Prueba de normalidad Anderson Darling 21
3.2.5 Prueba Mann Whitney 21
3.2.6 Prueba de la bondad del ajuste Chi-Cuadrado 22
3.3 Simulación
3.3.1 Técnicas de simulación 22
3.3.2 Arena software 23
3.3.3 Ventajas y desventajas de la simulación 23
3.3.4 Componentes de un sistema 24
3.3.5 Tipos de simulación 24
3.3.6 Módulos de arena 25
3.4 Análisis económico
3.4.1 Valor presente neto 25
3.4.2 Valor anual equivalente 26
3.4.3 Depreciación 26
3.4.3.1 Método de la línea recta 27
4. CAPÍTULO IV: Marco metodológico
4.1 Metodología
4.1.1 Formulación del problema 28
4.1.2 Levantamiento de los procesos e información 28
4.1.3 Construcción del modelo de simulación 29
4.1.4 Validación del modelo actual 29
4.1.5 Análisis de sensibilidad 29

4.1.6 Estudio económico 30
4.1.7 Conclusiones y recomendaciones 30
5. CAPÍTULO V: Descripción de la situación actual
5.1 Manejo de materiales 31
5.2 Proceso de producción 32
5.3 Recursos 32
5.4 Capacidades de almacenaje 33
5.5 Proceso de descarga-carga de los camiones 34
5.5.1 Funciones de los montacarguistas y criterios utilizados en el proceso de descarga 35
5.5.2 Funciones de los montacarguistas y criterios utilizados en el proceso de carga 36
6. CAPÍTULO VI: Estudio técnico
6.1 Los toboganes 37
6.1.1 Ventajas y desventajas de los toboganes 37
6.1.2 Análisis para los requerimientos de capacidad en los toboganes 37
6.1.3 Ampliación de los toboganes 39
6.1.4 Estudio de las grúas para la ampliación de los toboganes 40
6.2 Falta de espacio físico 42
6.2.1 Latas y no retornables 42
6.2.2 Retornables 43
6.2.2.1 Variación durante el día que se produce en los niveles del inventario retornable 43
6.2.2.2 Consecuencias de la falta de espacio para los retornables 44
6.2.2.3 Análisis de la paralización de las líneas de producción por falta de espacio en los toboganes 44

6.2.3 Vacío 45
6.2.3.1.Medidas que se utilizan para descongestionar el almacén de inventario vacío 45
6.2.3.2 Análisis de la paralización de las líneas de producción por falta de vacío 46
6.2.4 Casillero 46
6.3 Elevados tiempos del proceso descarga-carga 47
6.3.1 Datos generados por el modelo de simulación 48
6.3.2 Situación Original 49
6.3.2.1 Tiempos 49
6.3.2.2 Utilización de recursos 50
6.3.2.3 Cantidad de entidades 51
6.3.3 Escenarios analizados 52
6.3.3.1 Escenarios analizados en la situación actual 53
6.3.3.2 Análisis para la propuesta a corto plazo 54
6.3.3.2.1 Escenarios analizados en la propuesta a corto plazo 54
6.3.3.2 2 Selección de la propuesta a corto plazo 56
6.3.3.3 Análisis para la propuesta a mediano plazo 57
6.3.3.3.1 Escenarios analizados en la propuesta a mediano plazo 58
6.3.3.3.2 Selección de la propuesta a mediano plazo 60
6.3.4 Análisis de reducción de utilización de la flota actual de gandolas de California Sur 62
7. CAPÍTULO VII: Análisis de costos
7.1 Costos involucrados en las propuestas 64
8. CAPÍTULO VIII: Conclusiones y recomendaciones 66
Bibliografía 70

Índice de Figuras

Figura Nº 1: Estructura organizativa Empresas Polar 5

Figura Nº 2: Diagrama del almacén 33

Figura Nº 3: Descripción del proceso descarga-carga de las gandolas 34

Figura Nº 4: Funciones de los montacarguistas y criterios utilizados en el proceso de descarga 35

Figura Nº 5: Funciones de los montacarguistas y criterios utilizados en el proceso de carga 36

Figura Nº 6: Diagrama del almacén (propuesta mediano plazo) 60

Índice de Tablas

Tabla Nº 1: Ventajas y desventajas de la simulación 23
Tabla Nº 2: Líneas de producción 32
Tabla Nº 3: Recursos montacarguistas 32
Tabla Nº 4: Recursos montacargas 32
Tabla Nº 5: Capacidades y áreas para el inventario 33
Tabla Nº 6: Ventajas de los toboganes 37
Tabla Nº 7: Desventajas de los toboganes 37
Tabla Nº 8: Comparación de capacidad de los toboganes 39
Tabla Nº 9: Comparación de capacidades del almacén 39
Tabla Nº 10: Número de montacarguistas que atienden a las gandolas en cada proceso 51
Tabla Nº 11: Tiempos de descarga-carga en función del inventario inicial en el vacío (situación actual) 53
Tabla Nº 12: Tiempos de descarga-carga en función del aumento en la llegada de las gandolas (situación actual) 53
Tabla Nº 13: Tiempos de descarga-carga en función del aumento de recursos y cambio de procedimientos (situación actual) 53
Tabla Nº 14: Tiempos de descarga-carga en función del inventario en cada zona del almacén (corto plazo) 55
Tabla Nº 15: Tiempos de descarga-carga en función de la adición de recursos en la carga (corto plazo) 55
Tabla Nº 16: Tiempos de descarga-carga en función del inventario inicial de vacío (corto plazo) 55
Tabla Nº 17: Tiempos de descarga-carga en función del aumento en la llegada de las gandolas (corto plazo) 56
Tabla Nº 18: Tiempos de descarga-carga en función de la adición de recursos en la carga (mediano plazo) 58

Tabla Nº 19: Tiempos de descarga-carga en función del inventario inicial de vacío (mediano plazo) 59

Tabla Nº 20: Tiempos de descarga-carga en función del aumento en la llegada de gandolas (mediano plazo) 59

Tabla Nº 21: Distribución de las gandolas que son descargadas en cada bahía 61

Tabla Nº 22: Porcentaje de utilización de los recursos utilizados en la descarga 61

Tabla Nº 23: Costos anuales de operación 64

Tabla Nº 24: Costos de inventario en los toboganes 64

Tabla Nº 25: Resumen comparativo de las reducciones de los tiempos del proceso descarga-carga entre la situación actual y las propuestas 66

El presente Trabajo Especial de Grado tiene como finalidad la evaluación y propuesta de mejoras en las operaciones logísticas, para el almacén de producto terminado y vacío, de la planta de producción Los Cortijos.

Como primer paso se estudió y evaluó la situación actual detectando en la misma como problemas principales, la falta de espacio físico, los elevados tiempos en el proceso de descarga-carga de las gandolas, y las deficiencias en la estructura dinámica donde se coloca actualmente el producto lleno retornable (toboganes). Estas deficiencias traen como consecuencias directas: las paradas en la líneas de producción por falta de espacio en los toboganes; la mayor utilización del tiempo de la flota por tiempos ineficientes de atención; la utilización de paletas exclusivas y diferentes para los toboganes; los costos adicionales al recurrir a utilizar camiones en plancha para descongestionar el almacén; los inconvenientes hacia los trabajadores por las fallas y la antigüedad de los toboganes, y las fuertes limitaciones para aumentar la capacidad del almacén.

Con ayuda de la simulación, se realizó un modelo que describe las principales operaciones logísticas del almacén. Una vez validado éste, se introdujeron recursos y/o cambios en las operaciones, para evaluar el impacto de éstos sobre el tiempo global del proceso. Finalmente se proponen dos escenarios, uno a corto plazo, el cual consiste en la disminución del tiempo del proceso; y otro a mediano plazo el cual se basa en la ampliación de la capacidad física del almacén, seguida de un mayor descenso en el tiempo del proceso, así como de un importante crecimiento en la capacidad de recepción y despacho de gandolas en el almacén. Para obtener estos resultados se propuso reemplazar y ampliar los toboganes actuales.

Posteriormente se realizó un análisis de los costos que representaría cada propuesta en comparación con la situación actual, así como justificaciones técnicas de cada una de ellas.

Finalmente, se plantearon conclusiones y recomendaciones sobre la situación del almacén y la importancia de llevar a cabo los cambios propuestos; pensando en la necesidad de resolver los problemas existentes, y en los requerimientos de un futuro no muy lejano.

Los altos niveles de competencia y exigencia en los mercados tanto nacionales como internacionales, han llevado a las empresas al entendimiento que para sobrevivir y tener éxito en entornos más agresivos, ya no basta con mejorar sus operaciones y funciones internas; sino que se hace necesario lograr mayores ahorros y beneficios al mejorar los procesos en toda la cadena de suministros.

Como enunció Michael Porter: *"En el futuro, la competencia no se dará de empresa a empresa, sino más bien de cadena de suministros a cadena de suministros."*

En este sentido, las organizaciones son cada vez más conscientes de la importancia de la gestión de almacenes (y de la gestión logística en general), como parte esencial a la hora de aportar más valor a sus clientes y reducir sus costos, por medio del aumento de la rentabilidad y productividad. Las empresas están conscientes que un porcentaje bien elevado (que varía de empresa a empresa) del presupuesto operativo de gastos, está representado por los costos de la cadena de suministros; de allí la importancia de analizarlos.

Sin embargo no siempre el minimizar los costos de un eslabón del proceso, hace que se maximice el valor total generado. Se necesita que el resultado total aporte el mayor beneficio, aunque en ciertas ocasiones represente el incremento de algunos costos en una etapa.

Las posibilidades de reducir los costos pueden y deben ser expresados en términos de despilfarros y desperdicios. La mejor manera de reducir los costos en la empresa es mediante la detección, prevención y eliminación sistemática del uso excesivo de recursos. Para reducir los costos, deben ejecutarse en forma simultanea las siguientes actividades: mejoramiento de la calidad, mejoramiento de la productividad, reducción de inventarios, reducción del tiempo ocioso de las máquinas, equipos y personal, mejor aprovechamiento del espacio utilizado, reducción en el manejo de materiales y reducción del tiempo total del ciclo.

Lo primero y fundamental a tener en consideración es que alcanzar mayores niveles de calidad no implica mayores costos, sino todo lo contrario, con mayores niveles de calidad se logra más productividad y consecuentemente costos más bajos, acompañado ello de una mayor satisfacción para los clientes y consumidores.

Así mismo, el aumento en la productividad se puede conseguir con la aplicación del mejoramiento continuo de las operaciones y procesos; enfocado en detectar y eliminar todos aquellos desperdicios por los cuales el cliente no paga y no agregan valor al producto.

De igual forma se deben tener en cuenta las diferencias entre mantenimiento y mejoramiento; el primero se refiere a las actividades dirigidas a mantener los estándares actuales mediante entrenamiento y disciplina; y el segundo se refiere a mejorar los estándares actuales, es decir, establecer estándares más altos.

El mejoramiento no reemplaza ni excluye la innovación. Más bien, los dos son complementarios, son ingredientes inseparables del progreso. La innovación significa una mejora drástica como resultado de una inversión en nuevas tecnologías y equipos, o la introducción de los últimos conceptos administrativos y técnicas de producción.

El punto de partida para el mejoramiento es reconocer la necesidad. Esto viene del reconocimiento de un problema, cada uno de ellos se puede convertir en una valiosa oportunidad para el mejoramiento. Existe un refrán entre los que practican la calidad en el Japón, de que *los problemas son las llaves del tesoro oculto.*

Una de las mejores formas de introducir el mejoramiento de un proceso es en un momento de crisis o notables problemas. Cuando se enfrenta una crisis, se entiende que hay que cambiar la forma en la cual se están haciendo las cosas.

La aplicación de cualquier mejora en un proceso consiste en básicamente los siguientes pasos: Estudiar la situación actual, definir el problema, determinar sus causas, analizarlo, solucionar el problema, extraer conclusiones y recomendaciones del estudio, y mantener los resultados.

Siguiendo tales ideas, en esta oportunidad se estudiará la evaluación y propuestas de mejoras en las operaciones, para el almacén de California Sur.

El presente Trabajo Especial de Grado, se presenta en dos (2) tomos:

Tomo I: Estructurado en ocho (8) capítulos, los cuales se resumen a continuación:

CAPITULO I: "La empresa", introduce al lector en el conocimiento de la empresa, contiene su historia, estructura organizativa, misión y visión.

CAPITULO II: "El problema", consta del planteamiento del problema donde se expone la problemática del estudio, los objetivos a lograr, así como el alcance y limitaciones que se tendrán durante la realización del mismo.

CAPITULO III: "Marco teórico", establece las bases teóricas que se utilizaron como sustento, durante el desarrollo del proyecto.

CAPITULO IV: "Marco metodológico", describe los pasos de la metodología empleada que se siguió para desarrollar el trabajo.

CAPITULO V: "Descripción de la situación actual", detalla las actividades, recursos y procesos claves que se desarrollan actualmente en el almacén.

CAPITULO VI: "Estudio técnico", se presentan los análisis, cálculos y resultados de los escenarios y propuestas analizadas.

CAPITULO VII: "Análisis de costos", se exponen los costos que representa cada propuesta, así como en los que se incurren actualmente.

CAPITULO VIII: "Conclusiones y Recomendaciones", se exponen las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas a través del análisis de los resultados obtenidos.

Tomo II: Se incluyen los anexos que complementan la información presentada en el tomo I.

1.1 Historia:

A partir de 1941 en Antímano comienza a funcionar Cervecería Polar C.A., con 50 empleados, una capacidad instalada de 30 mil litros mensuales, y dos productos para un mercado altamente competido: Cerveza Polar y Bock.

Para 1950 Cervecería de Oriente C.A., comienza a producir, cubriendo los mercados de Nueva Esparta, Sucre, Monagas y Anzoátegui; con una capacidad instalada de 500.000 litros al mes y 57 trabajadores. Un año después, esta planta da vida a Maltín Polar.

En 1951 nace la moderna Cervecería Polar C.A. Los Cortijos, que realiza su primer cocimiento el 8 de abril. Inicia la producción con una capacidad instalada de 500 mil litros mensuales y 140 empleados.

Para satisfacer la demanda del Estado Zulia y la Región Andina, se le da vida en 1961 a Cervecería Modelo C.A., en Maracaibo, con una capacidad inicial de 4 millones de litros mensuales.

En 1977 nace Fundación Polar para contribuir al desarrollo social del país, propiciar el desarrollo tecnológico y el uso racional del ambiente, apoyar y promover instituciones de beneficio o protección social.

En 1978 se pone en marcha Cervecería Polar del Centro C.A., en la población de San Joaquín, estado Carabobo.

En el 2001 Empresas Polar se convierte en la primera organización de Latinoamérica que recibe la certificación integral de calidad Platinum 9000, para sus cuatro plantas cerveceras, por contar con sistemas de gestión de calidad certificados según la norma Covenin ISO 9000 y poseer la Marca Norven en sus productos.

Hoy en día Cervecería Polar C.A. sigue contando con la capacidad instalada de las cuatro plantas mencionadas anteriormente (Oriente, Los Cortijos, Modelo y San Joaquín), casi alcanzando una producción diaria de 9.000.000 de litros de cerveza y malta.

1.2 Estructura organizativa:

A continuación se presentan los organigramas de las diversas unidades que conforman la nueva estructura de Empresas Polar.

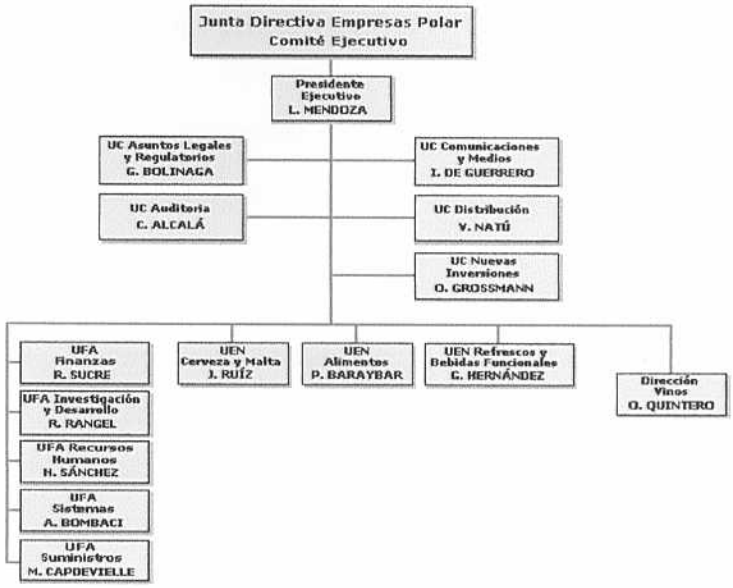

Figura N° 1: Estructura organizativa Empresas Polar

1.3 Misión

"Satisfacer las necesidades de consumidores, clientes, compañías vendedores, concesionarios, distribuidores, accionistas, trabajadores y suplidores, a través de nuestros productos y de la gestión de nuestros negocios, garantizando los más altos estándares de calidad, eficiencia y competitividad, con la mejor relación precio/valor, alta rentabilidad y crecimiento sostenido, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad y el desarrollo del país". (Portal Empresas Polar)

1.4 Visión

"Ser el líder claro del negocio de Cerveza y Malta en Venezuela y un jugador clave en América Latina, ofreciendo productos y marcas de calidad en los distintos segmentos del mercado. Fortaleceremos nuestra posición a lo largo de la cadena de valor, mientras que nuestra orientación hacia el mercado, la excelencia en la atención y el servicio al cliente y nuestras marcas líderes nos permitirán tener una presencia predominante en el punto de venta en Venezuela. Lograremos estas metas manteniendo niveles de costo que nos ubiquen entre las cinco primeras cervecerías del mundo. Seleccionaremos y capacitaremos a nuestro personal con el fin de alcanzar los perfiles requeridos, lograremos su pleno compromiso con los valores de Empresas Polar y le ofreceremos las mejores oportunidades de desarrollo". (Portal Empresas Polar)

2.1 Descripción de los principales problemas

Empresas Polar ha logrado por décadas ser una empresa líder, lo cual es reconocido por sus clientes, e incluso por sus competidores. Con la finalidad de mantener este alto sitial, aún con las exigencias que impone el mercado venezolano, es necesario promover el mejoramiento continuo en sus recursos y procesos, para así alcanzar mejoras del tipo operativas y/o económicas.

El almacén de California Sur es un almacén de producto terminado en el cual se despachan únicamente con transporte primario (gandolas) las presentaciones retornables, latas y no retornables, recibiendo además el vacío retornable. Es el almacén de la planta de producción Los Cortijos, que abastece a la mayoría de las agencias del territorio metropolitano: Los Ruices, San Martín, La Yaguara, Guarenas, Catia y La Guaira, y del territorio valles centrales: Carrizales y Ocumare.

Después de analizar las principales operaciones que se realizan en el almacén, se detectaron los siguientes problemas fundamentales que afectan en gran medida el desempeño del mismo:

2.1.1 Los toboganes

En relación a las estructuras dinámicas (conocidas en la empresa como toboganes), se está consciente que son unas estructuras que aportan muchas ventajas, tanto a la hora de cargar las gandolas mas rápidamente, como el proporcionar un mejor aprovechamiento del espacio cúbico, y un mejor orden de sus productos, entre otras ventajas que se presentarán mas adelante. Sin embargo por la antigüedad con la que cuentan los toboganes, y el gran uso que se les ha venido dando, hoy en día los mismos presentan continuas fallas y trancas. Lo cual se traduce en un problema, al tener los choferes y montacarguistas que meterse en la estructura para destrancarlos, generando disconformidad y quejas del personal.

Además por la misma razón anterior, los toboganes están siendo mal aprovechados en cuanto a su capacidad, ya que actualmente sólo se están almacenando productos

retornables en los dos primeros pisos, dejando el tercero únicamente para casillero (gaveras sin botellas).

Idealmente se tiene estipulado que se debería asignar un solo producto por tobogán, lo cual limita la capacidad total. Sin embargo cuando no hay espacio para colocar el producto en los toboganes correspondientes, se ubica donde exista espacio; trayendo como consecuencia productos mezclados en un mismo tobogán. Lo cual genera a su vez posteriores inconvenientes para el conteo físico del inventario, y retardos en la búsqueda de éstos a la hora de realizar la carga de gandolas.

Si el problema es mayor, y aún mezclando producto se llega a cubrir la máxima capacidad de los toboganes, se debe proceder a la paralización temporal de las líneas de producción. Lo cual a su vez ocasiona descenso en la productividad de las líneas, alteraciones en el plan de producción y en los inventarios.

Esto a su vez puede ocasionar problemas de postergación o cancelación de viajes, al no contar con los productos estipulados para cada viaje según el plan de transporte, ya que al paralizar o postergar la producción por unas horas, se puede incurrir en falta de inventario de algún producto para un viaje planificado. Y estas alteración de los planes de producción y transporte provocan una baja en la eficiencia de los recursos involucrados.

2.1.2 Capacidad del espacio físico

En cuanto a la falta de espacio físico, es un factor que esta presente más que todo para los productos retornables y el vacío; en relación a los no retornables y las latas por los momentos no se presentan mayores problemas.

Existen épocas del año donde los inventarios de producto lleno retornable sobrepasan los límites máximos existentes, teniendo con ello que colocar producto en la parte anterior de los toboganes, causando cierta obstaculización en la salida de los mismos, y pudiendo llegar a la paralización de las líneas de producción hasta que se logre el descongestionamiento de la estructura.

En relación al vacío, de igual forma, los inventarios en algunos periodos del año exceden o rondan la capacidad máxima establecida. Causando, la ocupación temporal

con vacío de las zonas destinadas para producto no retornable y lata; así como teniendo que recibir de las agencias camiones en plancha (camiones sin vacío).

Adicionalmente se cuentan con altos niveles de inventario para el casillero, ocupando con ello, zonas no destinadas para el mismo, tales como el tercer piso de los toboganes, y la zona en frente a los mismos.

2.1.3 Los elevados tiempos del proceso descarga-carga de gandolas

La llegada de las gandolas no es uniforme ni constante, suelen haber variaciones importantes durante el día en cuanto a la llegada de éstas.

En ocasiones se forman largas colas, y los tiempos del proceso aumentan considerablemente. Según la información obtenida, se tiene que en promedio el proceso de descarga-carga de las gandolas en el almacén, toma aproximadamente unos 60 minutos, sin embargo se pueden alcanzar cifras de hasta dos veces y media dicho valor.

En base a los problemas existentes, ya descritos, se procederá a profundizar sobre sus causas y posibles soluciones, mediante propuestas que provean un mejor funcionamiento del almacén.

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

- ✓ Mejorar las operaciones de manejo de materiales, ubicación de productos y sistema de carga-descarga, de un almacén de producto terminado y vacío retornable, para una empresa cervecera.

2.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar y registrar los procesos de carga y descarga de camiones, manejo de materiales y ubicación de los productos.
- ✓ Analizar los procesos para reconocer los problemas que se presentan en la actualidad.

- ✓ Establecer indicadores que midan el desempeño de los procesos.
- ✓ Analizar el manejo de materiales y la ubicación de los productos en el almacén, y estudiar posibles mejoras.
- ✓ Disminuir el tiempo del proceso descarga-carga de camiones.
- ✓ Evaluar y proponer mejoras para el aprovechamiento del espacio físico y/o para el aumento de la capacidad de almacenamiento.
- ✓ Generar alternativas de soluciones globales que conlleven a la mejora de las operaciones.
- ✓ Seleccionar las propuestas mas apropiadas para la empresa.
- ✓ Cuantificar el impacto económico de las alternativas seleccionadas.
- ✓ Elaborar un plan de implantación.

2.3 Alcance

El alcance del presente estudio estará dirigido a mejoras en el manejo de materiales, distribución de recursos y sistema de carga-descarga de camiones.

Para dicho estudio, las variables: producción, transporte e inventarios a utilizar, serán tomadas como valores conocidos y fijos.

Las mejoras que se propondrán en el trabajo especial de grado, no implican su implementación.

2.4 Limitaciones

La simulación es una herramienta que se utilizará para crear un modelo estadístico del funcionamiento del almacén en la actualidad, validarlo y proponer cambios en el sistema. Como en cualquier modelo, se trabajará solo con las variables más importantes.

El presente capítulo contiene toda la información teórica que sustenta a la investigación. Se explican los conceptos y fundamentos que se utilizaron en el estudio.

3.1 Conceptos y principios de almacenamiento

3.1.1 Almacén

Un almacén de productos terminados es un lugar especialmente estructurado y planificado, con objetivos bien definidos de resguardo, custodia, protección y control de los productos de la empresa, antes de ser requeridos para la venta.

El objetivo de la planeación de los almacenes es suministrar espacio y equipos para contener y proteger los artículos hasta que se utilicen, en la forma que sea más eficiente en costo.

Se necesita realizar una función de almacenamiento puesto que los ciclos de producción y consumo en la realidad no coinciden al 100%. La función de almacenamiento es superar las discrepancias en cuanto se refiere al tiempo y las cantidades deseadas.

3.1.2 Consideraciones para planear los almacenes

El almacenamiento incluye instalaciones, equipo, personal y técnicas requeridas para recibir, almacenar y despachar los productos; las cuales varían según la naturaleza del producto que se vaya a manejar. Las características del material como tamaño, peso, durabilidad, duración en estantería y tamaño de los lotes son factores a tomar en cuenta para el diseño de un sistema de almacenamiento y para resolver los problemas relacionados. Se debe establecer la cantidad de cada material que se va a almacenar y los niveles de inventario con los que se quiere contar.

Los aspectos económicos también son muy importantes en el diseño de sistemas de almacenamiento. Todo manejo y almacenamiento de materiales y productos es algo que eleva el costo del producto final sin agregarle valor, razón por la cual se debe conservar el mínimo de existencias con el mínimo de riesgo de faltantes y al menor costo posible de operación.

Otros factores que deben considerarse al diseñar sistemas de almacenamiento son: el tamaño y el plano de organización de la empresa, el grado de descentralización deseado, la variedad de productos fabricados, la flexibilidad relativa de los equipos y facilidades de manufactura y del programa de producción.

En la selección de equipo para un edificio existente, hay que tener en cuenta las restricciones de la construcción. El equipo para almacenamiento debe ser compatible con la capacidad de carga de los pisos, con la altura libre bajo el techo, con el espaciamiento entre columnas, con los demás equipos existentes y con la ubicación de los andenes de carga y descarga.

El espacio necesario para el área de recepción y despacho, así como la cantidad de recursos para realizar tal labor, depende del volumen de mercancía que se moviliza y del tiempo de su permanencia en el proceso.

3.1.3 Manejo de materiales

"El manejo de materiales comprende todas las operaciones básicas relacionadas con el movimiento de los productos a granel, empacados y unitarios, en estado semisólido o sólido por medio de maquinarias, y dentro de los límites de un lugar de comercio" (Material Handling Institute, instituto de manejo de material)

La función principal del manejo de materiales es proveer la cantidad apropiada del material correcto, en las condiciones adecuadas, en el lugar exacto, al momento justo, en la posición adecuada, en la secuencia correcta, para el mejor costo, por los medios adecuados.

En una época de alta eficiencia en los procesos industriales, las tecnologías para el manejo de materiales se han convertido en una nueva prioridad en lo que respecta al equipo y sistema de manejo de materiales.

Los costos de manejo de materiales representan una parte importante del costo de producción. El manejo de materiales afecta a la operación y diseño de las instalaciones en las cuales se lleva a cabo.

Con un buen manejo de materiales se consigue aumentar la eficiencia del flujo de material, asegurando la disponibilidad de éstos cuando y donde se necesiten,

incrementando la productividad y teniendo una mejor utilización de las instalaciones. Al mismo tiempo que se busca la reducción de los costos.

Los costos principales relacionados con el diseño y la operación de un sistema de manejo de materiales son:

- El costo del equipo, que comprende la compra de éste, los componentes auxiliares y su instalación.
- El costo de operación, que abarca el costo de mantenimiento, el del combustible y el de mano de obra.
- El costo de compra unitaria, que se asocia con la compra de las tarimas y contenedores.
- El costo debido al empaque y el material dañado.

Reducir el costo es uno de los objetivos primarios de un sistema de manejo de material. Esto se puede lograr, por ejemplo, disminuyendo el tiempo inactivo del recurso. Una mejor utilización del mismo eliminará la necesidad de adquirir otros.

3.1.4 Distribución física

El objetivo de la distribución física del almacén es encontrar una buena relación entre los costos de manejo de materiales y el espacio en almacén. Optimizando la utilización del espacio total.

El manejo interno de materiales debe estudiarse conjuntamente con el estudio de la distribución interna de la planta, puesto que son dos aspectos de un mismo problema.

El modelo de flujo de material es en realidad la columna vertebral de la mayoría de las facilidades de producción, y uno de los primeros pasos en la planificación de un sistema de manejo de materiales es el diseño de ese modelo de flujo de material. Esto puede estar determinado en gran medida por la secuencia de operaciones, que a su vez determinará el arreglo de los equipos.

El estudio de la distribución física, tiene como objetivo lograr una ubicación económica, segura y satisfactoria de las máquinas, equipos, instalaciones y productos en el almacén.

3.1.5 Principios generales

Entre los principios básicos con los cuales debe contar un almacén se encuentran:

3.1.5.1 Principio de capacidad

Uno de los mayores objetivos de este principio, consiste en incrementar la capacidad de producción, o sea utilizar el equipo de manejo de materiales para ayudar a alcanzar la máxima capacidad de producción.

El buen uso de técnicas de manejo de material, puede propiciar aumentos significativos en las cantidades de producción obtenidas, por lo que es necesario entonces definir los sistemas de manejo de forma tal que se adapten a las exigencias de la empresa.

Con ello, además de lograr un ahorro del área ocupada, se puede lograr la disminución de las paradas de las líneas de producción y por ende la reducción de los retrasos de producción, y esto trae como consecuencia un acortamiento del tiempo de fabricación y un inminente aumento de la productividad y mejor cumplimiento con el plan de producción.

Las empresas desean tener la suficiente capacidad de producción para satisfacer la demanda actual y futura del cliente. Además la capacidad disponible afecta la eficiencia de las operaciones, incluyendo la facilidad o dificultad para programar la producción y los costos de mantenimiento de la instalación. Finalmente la consecución de un incremento en la capacidad, es una inversión para la organización. Como lo que se busca es una buena recuperación de la inversión, los costos y los ingresos derivados de una decisión sobre capacidad deben de ser evaluados con sumo cuidado.

Las decisiones de planeamiento de la capacidad implican una evaluación de las instalaciones existentes, la estimación de las necesidades futuras, identificando, evaluándolas y seleccionando alternativas. Las decisiones sobre distribución física se llevan a cabo solo periódicamente. Como sus consecuencias son a largo plazo se deben planear concienzudamente.

3.1.5.2 Principio de movimiento

Este principio constituye una de las funciones primordiales del manejo de materiales, ya que todas las partes, materiales y productos terminados deben trasladarse entre máquinas o estaciones de trabajo, entre departamentos, edificios y además deben ser almacenados cuidadosamente. Así pues, la tarea del manejo de materiales consiste en garantizar que todos los componentes o elementos que se necesiten en cada etapa del proceso de producción, lleguen en el momento adecuado y en las condiciones requeridas, para poder generar de este modo productos de calidad que proporcionen beneficios tanto a los productores como a los consumidores.

Este principio implica que el equipo móvil debe mantenerse en movimiento, es decir, desempeñando la función para la cual fue diseñado. No debe estar ocupado innecesariamente durante largos períodos de tiempo para carga y descarga.

Sugerencias para llevar a cabo el principio de movimiento

- Realizar un plan para reducir el tiempo de carga/descarga, con el fin de disminuir las pérdidas de tiempo.
- Usar un equipo de carga y descarga mecanizado.
- Mantener el equipo en buen estado, para así minimizar los tiempos muertos.
- Retornar puntualmente el equipo móvil para volverlo a utilizar.
- Utilizar cargas unitarias para agilizar el proceso de carga.

3.1.5.3 Principio de simplificación

Implica primordialmente, la reducción o eliminación de movimientos, tanto como la eliminación de equipos que no están siendo adecuadamente usados.

Este es uno de los principios notables por su eficiencia, economía de movimiento y muchos otros aspectos de la operación industrial. De la misma forma debe ser una meta en el manejo de materiales.

3.1.5.4 Principio de estandarización

El principio se basa en la normalización de los métodos, tipos y tamaños de los equipos, dentro del manejo de materiales.

En cualquier campo de actividad es sabio y provechoso normalizar de la mejor manera los métodos y procesos involucrados, después de que éstos han sido determinados.

La normalización de las operaciones y los equipos permite fijar modelos productivos que maximicen el aprovechamiento racional de los espacios y el uso de los equipos para el manejo de materiales, convirtiéndose en el primer paso para la automatización de procesos.

Esto no significa, sin embargo, que al implantar un método o equipo dentro del sistema, es necesario congelarlo en su función y apegarse a su utilidad eterna e indefinidamente.

De esta forma la estandarización no significa mantener un solo tipo o marca de equipo asignado a una función en particular, sino que debe ser interpretada como la utilización práctica y eficiente del menor número de tipos, marcas, modelos y tamaños de equipos.

Cualquier intento de estandarización debe ser precedido por un análisis comparativo y cuidadoso de las opciones, asegurando que la selección determinada ha sido la mejor.

3.1.5.5 Principio del tiempo ocioso

Este principio se basa en la reducción de los tiempos ociosos e improductivos tanto de los equipos para el manejo de materiales, como de la mano de obra usada para tal fin.

Los tiempos ociosos son indeseables en cualquier actividad industrial y comercial; y especialmente en el uso de la mano de obra o equipos para el manejo de materiales.

Los equipos y la mano de obra son productores de dinero cuando son totalmente utilizados. Por lo que debería llevarse a cabo cualquier esfuerzo para planificar métodos y programar los equipos, de tal forma, que se asegure el uso total de ambos recursos.

El tiempo muerto es un factor que influye directamente en los objetivos de la selección, diseño y operación de equipos y sistemas de manejo de material, y su disminución ayuda al alcance de los mismos. Por una parte, al evitar el tiempo ocioso se supone que se produce en menor tiempo y, por lo tanto, se logra incrementar la producción. Se elimina la inversión de dinero en este tiempo improductivo y, en consecuencia, se reducen costos. Y por último, para disminuir el tiempo ocioso se necesita, mejorar el uso de los materiales y de la mano de obra, por ende, las condiciones de trabajo.

Sugerencias para el desempeño del principio de tiempo ocioso.

Mano de Obra

- Combinar trabajos.
- Asegurar que al operador le sean suministrados los materiales a tiempo.
- Adiestramiento apropiado, para evitar pérdida de tiempo por incompetencia.
- Programar las horas de trabajo, de manera tal que se evite la fatiga o distracción de los trabajadores.
- Realización de auditorias, para mantener al empleado alerta y trabajando eficientemente.

Equipos

- Programar la utilización de los equipos.
- Transferir equipos a otras áreas, cuando puedan ser mejor utilizados en éstas.
- Mantener los equipos en buen estado y realizar un constante mantenimiento, para aprovechar la máxima eficiencia de los mismos.
- Programar la ubicación óptima de los equipos, tomando en cuenta la relación con el proceso, la mano de obra y con ellos mismos.

3.1.6 Otros principios específicos

- Primera entrada, primera salida, para evitar que los artículos permanezcan mucho tiempo en almacén sin ser entregados, mas aún cuando son perecederos.
- Disminuir en lo posible las trayectorias, debido a que los movimientos más cortos requieren de menos tiempo y dinero que los movimientos largos. De igual forma al disminuir los movimientos de mercancía se reducen las probabilidades de estropearla.
- Ubicar los artículos de mayor rotación cerca de la toma de productos, para reducir recorridos y tiempos de trabajo.
- Reducir o eliminar los cruces y otros patrones de congestión.
- Intentar ubicar el producto en su destino en el primer intento.
- Transportar cargas en ambos sentidos, intentar realizar idas-regresos con cargas útiles. Se debe de minimizar el tiempo que se emplea en transporte vacío.
- Emplear la gravedad para el manejo de materiales.
- Utilizar de manera óptima el espacio cuadrado y cúbico de las instalaciones.
- El área ocupada por los pasillos respecto a la totalidad del área de almacenamiento, debe representar un porcentaje tan bajo como lo permitan las condiciones de operación. Se recomienda siempre que se pueda emplear estanterías para eliminar los pasillos.
- Evitar el manejo manual cuando se dispongan de medios mecánicos que puedan hacer el trabajo en formas más efectiva.
- Utilizar equipos de manejo de materiales adecuados y en buenas condiciones.
- Aumentar la eficacia del flujo de material, asegurando la disponibilidad de productos, cuando y donde se requieran.
- Claridad en la ubicación de los productos, así como orden en los mismos.
- Mejorar la distribución y utilización de las instalaciones.
- Contar con distribuciones suficientemente flexible que permitan modificaciones.

- Controlar las entradas y salidas de mercancía del almacén a través de documentación adecuada.
- Contar con el personal suficiente y bien calificado.
- Permitir ingreso al área de almacén solo al personal autorizado.
- Proporcionar a los trabajadores condiciones de seguridad.
- Identificar correctamente los materiales.
- Eliminar el almacenamiento de artículos obsoletos o extraños.

3.1.7 Estanterías de movimiento por gravedad, estantes dinámicos

Es una de las alternativas que cada día gana más adeptos en las empresas. La estantería cuenta con un sistema de ruedas o rodillos encima de los cuales las tarimas se deslizan del pasillo de carga al pasillo de descarga. La carga se efectúa por la parte posterior de la estantería, y dada la pendiente que poseen los niveles de almacenaje, las unidades de carga se van deslizando hacia la parte frontal de la estantería, hasta quedar siempre en posición de descarga. La carga se desplaza por unas ruedas o rodillos ligeramente inclinados. Cuando se saca una carga, la que está detrás rueda hasta la abertura para ser retirada.

El sistema es ideal cuando se cuentan con un número considerable de recepciones y/o despachos a lo largo del día y la velocidad de carga-descarga de los transportes se considera un punto muy importante en el proceso. Se recomiendan emplear cuando se disponen de pocos tipos o presentaciones de productos, pues cada pasillo se destina a uno de éstos. Los sistemas están diseñados para durar años sin problemas.

3.2 Análisis estadístico

3.2.1 Gráficos de control

Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Permiten identificar variaciones no aleatorias; una variación no aleatoria se indica normalmente con puntos del gráfico que quedan fuera de los límites del control.

Un gráfico de control no es más que un contraste de hipótesis de la forma:

$$Ho(\mu = \mu o) vs H1(\mu \neq \mu o)$$

La hipótesis en control de procesos significa: "el proceso de medición está bajo control", es decir que no existe diferencia estadísticamente significativa entre la media muestral y la media poblacional μ establecida como parámetro para definir cuándo el proceso está bajo control.

El intervalo de confianza para la aceptación de la hipótesis nula, viene dado por:

$$[\mu o - Z\alpha / 2(\sigma.o / \sqrt{n}) < \chi < \mu o + Z\alpha / 2(\sigma.o / \sqrt{n})] = C$$

Los límites de control vienen dados por:

$$LCI = \mu o - Z\alpha / 2(\sigma.o / \sqrt{n}) \qquad LCS = \mu o + Z\alpha / 2(\sigma.o / \sqrt{n})$$

Los niveles de confianza mas utilizados son:

- Entre –1 sigma y +1 sigma, 68.3% de probabilidad
- Entre –2 sigma y +2 sigma, 95.5% de probabilidad
- Entre –3 sigma y +3 sigma, 99.7% de probabilidad

Para elaborar un gráfico de control:

- Seleccionar una muestra de datos
- Calcularles la media y la desviación estándar.
- Calcular los límites de control inferior y superior.
- Dibujar en un gráfico la media, así como los límites inferiores y superiores, y graficar cada uno de los valores obtenidos de la muestra.
- Analizar los resultados. Si los puntos caen dentro de los límites de control, aceptamos que la media poblacional μ permanece estable. En caso contrario se rechaza entendiéndose que existe una causa puntual que hay que encontrar y corregir.

3.2.2 Pruebas de Hipótesis

La prueba de hipótesis es un procedimiento de toma de decisiones, relacionada principalmente con la elección de una acción entre dos conjuntos posibles de valores del parámetro, es decir, en dos hipótesis estadísticas, las cuales se conocen como:

Ho: Hipótesis nula

H1: Hipótesis alterna

El objetivo de las pruebas de hipótesis es tratar de determinar cuando es razonable concluir a partir del análisis de una muestra, que la población entera posee determinada propiedad y cuando esto no es razonable.

Para el presente estudio se utilizaron las siguientes pruebas de hipótesis:

- Para establecer la igualdad de las distribuciones de dos o mas variables; cuando se aplicó para validar los modelos simulados.
- Para determinan la forma de la distribución de la variable; cuando se aplicó para confirmar distribuciones estadísticas a partir de un conjunto de datos.

Rechazar una hipótesis no significa que ésta sea falsa, como tampoco el no rechazarla significa que sea verdadera. La decisión tomada no está libre de error:

- Error tipo I: rechazar una hipótesis que es verdadera. La probabilidad de cometer un error tipo I se conoce como nivel de significación α.
- Error tipo II: no rechazar una hipótesis que es falsa. La probabilidad de cometer un error tipo II se conoce como β.

El método clásico de las pruebas de hipótesis, consiste en definir un estadístico del contraste y una región crítica, para luego tomar la decisión de rechazo o no de la hipótesis nula, según si el estadístico de prueba cae o no en la región crítica. Sin embargo, con el uso de los programas estadísticos computacionales, las decisiones con relación a una prueba de hipótesis se basan en el concepto del "Valor-P" asociado con la prueba.

El Valor-P es el menor nivel de significación α que nos conduce al rechazo de la hipótesis nula de acuerdo con los valores muestrales obtenidos.

Por consiguiente, se rechazará la hipótesis nula si el Valor-P es menor o igual al nivel de significación adoptado por el experimentador. Durante todo el estudio se asumió un α=0,05.

3.2.3 Pruebas paramétricas y no paramétricas

La distribución de la variable que se quiere comparar, es importante a la hora de establecer la prueba estadística que permita evaluar la prueba de hipótesis, de forma que si la distribución es normal, se utilizaran los denominados test paramétricos y si no cumple dichos criterios, se tiene la opción de usar los llamados test no paramétricos que se basan en los rangos de distribución de la variable.

Las pruebas no paramétricas son menos potentes, son más exigentes al rechazar la hipótesis nula y por tanto tienen menos posibilidades de acertar cuando no la rechazan (mas posibilidades de cometer un error tipo beta). Por otro lado, la potencia aumenta con el tamaño de la muestra; de esta forma, para conseguir la misma potencia con una prueba no paramétrica, bastará con aumentar el tamaño de la muestra.

3.2.4 Prueba de normalidad Anderson Darling

La prueba de Anderson-Darling es usada para probar si una muestra proviene de una distribución normal.

Cuanto más alineados estén los puntos, mejor. La calidad del ajuste se medirá de acuerdo al modelo. El Valor-P en cada caso, indicará si se rechaza o no la hipótesis de normalidad (un valor-P por debajo de 0,05, estará revelando que los datos no son normales).

3.2.5 Prueba Mann Whitney

Se utiliza esta prueba no paramétrica cuando se está en presencia de 2 muestras independientes, con el fin de determinar si estas provienen de la misma población o de 2 poblaciones diferentes.

El uso de la prueba de Mann-Whitney constituye una alternativa no paramétrica a la prueba T de Student (equivalente al análisis de varianza de un factor en el caso de dos muestras). Al igual que en la prueba T de Student, las muestras pueden ser de tamaños diferentes.

3.2.6 Pruebas de la bondad del ajuste Chi-Cuadrado

La prueba de Chi-Cuadrado es considerada como una prueba no paramétrica que mide la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica, indicando en que medida las diferencias existentes entre ambas, de haberlas, se deben al azar.

Se utiliza cuando no se conoce la distribución de la población, y se desea probar la hipótesis de que una distribución en particular será un modelo satisfactorio de la población.

Para determinar la bondad de ajuste de una curva (distribución) a un conjunto de datos, mediante la prueba Chi-Cuadrado deben contarse con 50 o más datos.

3.3 Simulación

3.3.1 Técnicas de simulación

La simulación es el proceso de diseñar un modelo matemático de un sistema real y llevar a cabo experimentos con el mismo, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias, para el funcionamiento del mismo.

Las técnicas de simulación son herramientas muy útiles, que se utilizan principalmente en el ámbito de la planificación de las operaciones de una empresa; básicamente estas técnicas logran imitar a través de un modelo, las operaciones en un proceso o sistema en un período de tiempo establecido.

Para el desarrollo de un modelo utilizando las técnicas de simulación, es necesario conocer a fondo las características y especificaciones de todos los procesos que se encuentran involucrados en el sistema, para así posteriormente establecer, las variables más importantes que se van a incluir en dicho estudio.

Para confirmar que el modelo simula lo que ocurre en la realidad, se debe por medio de indicadores y otros parámetros relevantes, validar el modelo. Una vez hecho esto, el modelo estará listo para comenzar a introducirle los cambios pertinentes y analizar las respuestas obtenidas.

3.3.2 Arena Software

El software Arena es la herramienta de simulación de eventos discretos y continuos líder a nivel mundial. Las empresas más exitosas usan Arena:

- Incluyendo 9 de las 10 empresas Norte Americanas mas admiradas de Fortune.
- Incluyendo 100% de las 10 primeras empresas de Fortune 500.
- Incluyendo el 75% de las 30 primeras 500 empresas de Fortune Global.

3.3.3 Ventajas y desventajas de la simulación

Ventajas	Desventajas
- Puede modelar las situaciones lo mas cercanas a la realidad, aunque sean complicadas. - Permite la inclusión de complicaciones del mundo real que la mayoría de los modelos de investigación de operaciones no permiten. - Permite estudiar el efecto interactivo de los componentes individuales o las variables, con el fin de determinar cuales son importantes. - Se pueden probar gran cantidad de ideas o escenarios y los errores no tienen graves consecuencias. - Se puede usar como una herramienta de análisis para predecir los cambios a sistemas existentes y como una herramienta de diseño para predecir el desempeño de nuevos sistemas bajo condiciones variables. - Diseña procesos que responden adecuadamente a la incertidumbre asociada, a la variabilidad y aleatoriedad que afectan los procesos de la empresa. Se obtienen resultados aleatorios en simulaciones estocásticas. - Evita costos de errores causados por decisiones basadas únicamente en la intuición.	- La simulación no genera soluciones óptimas a los problemas de la misma forma que la programación lineal. - Se deben generar todas las condiciones y restricciones para las soluciones que desean examinar. El modelo de simulación no produce respuestas por si mismo.

Tabla Nº 1: Ventajas y desventajas de la simulación

3.3.4 Componentes de un sistema

- Entidad: El objeto de interés en el sistema.
- Atributo: Propiedades que posee la entidad.
- Actividad: Es un período de tiempo de duración conocida.
- Estado: Conjunto de variables que muestran las condiciones iniciales del sistema que son necesarias para describirlo en cualquier instante de tiempo.
- Evento: Es una ocurrencia instantánea que cambia el estado del sistema.
- Recursos: Son aquellos elementos dispuestos para atender las necesidades de una entidad.
- Variables: Representan un conjunto de valores globales asignados que pueden ser alterados en cualquier lugar o proceso dentro del modelo.

3.3.5 Tipos de simulación

- Simulación Discreta: Modelación de un sistema por medio de una representación en la cual el estado de las variables cambian en instantes separados de tiempo.
- Simulación Continua: Modelación de un sistema por medio de una representación en la cual el estado de las variables cambian continuamente en el tiempo.
- Simulación Determinística: es aquella que utiliza datos de entrada determinísticos.
- Simulación Estocástica: es aquella que utiliza datos de entrada aleatorios, al utilizar distribuciones de probabilidad.
- Simulación estática: Un modelo de simulación estática, se entiende como la representación de un sistema para un instante (en el tiempo) en particular, o bien para representar un sistema en el que el tiempo no es importante.
- Simulación dinámica: un modelo de simulación dinámica representa a un sistema en el que el tiempo es una variable de interés.

El modelo del almacén que se realizó es del tipo discreto (porque el estado del sistema varía en momentos discretos de tiempo), estocástico (porque se utilizan distribuciones de probabilidad) y dinámico (porque el tiempo es importante).

3.3.6 Módulos de Arena

Los módulos están divididos en dos tipos:

- Módulos de lógica, los cuales se utilizan para construir modelos.
- Módulos de datos, los cuales complementan la información de los módulos de lógica.

Ver anexo N° 1.

3.4 Análisis económico

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos - financieros (que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo), es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones, ya que un análisis que se anticipe al futuro puede evitar posibles desviaciones y problemas en el largo plazo.

3.4.1 Valor presente neto (VPN)

Es un método para evaluar las propuestas de inversión de capital mediante la obtención del valor presente de los flujos netos de efectivo en el futuro, descontado al costo de capital de la empresa o a la tasa de rendimiento requerida.

El método del Valor Presente Neto incorpora el valor del dinero en el tiempo en la determinación de los flujos de efectivo netos del negocio o proyecto, con el fin de poder hacer comparaciones correctas entre flujos de efectivo en diferentes periodos a lo largo del tiempo. El valor del dinero en el tiempo está incorporado en la tasa de interés con la cual se convierten o ajustan en el tiempo, es decir en la tasa con la cual se determina el Valor Presente de los flujos de efectivo del negocio o proyecto.

En la aceptación o rechazo de un proyecto depende directamente de la tasa de interés que se utilice. En consecuencia para el mismo proyecto puede presentarse que a una cierta tasa de interés, el VPN puede variar hasta el punto de llegar a rechazarlo o aceptarlo según sea el caso.

Cuando el VPN es menor que cero implica que hay una perdida a una cierta tasa de interés, o sea que el proyecto no debe ser aceptado. Por el contrario si el VPN es mayor

que cero se presenta una ganancia, el proyecto debe ser aceptado. Cuando el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente. Sin embargo en nuestro caso, por estar evaluando únicamente costos, se seleccionará conveniente la alternativa que presente un menor VPN.

La condición indispensable para comparar alternativas es que ambas se realicen en el mismo periodo de tiempo, si estos fueran diferentes se debe tomar como base el mínimo común múltiplo del tiempo de cada alternativa.

Para el cálculo del VPN se utiliza la siguiente fórmula:

$$VPN = -P + \sum_{1}^{n} \frac{FNEn}{(1+r)^n} + \frac{VS}{(1+r)^n}$$

Donde:

- P: inversión inicial.
- FNE: Flujo neto de efectivo del periodo n.
- VS: Valor de salvamento al final de periodo n.
- Costo de oportunidad del capital (r): Tasa de rentabilidad esperada a que se renuncia, para invertir en un proyecto.

3.4.2 Valor Anual Equivalente (VAE)

El método del VAE consiste en convertir todos los ingresos y egresos, en una serie uniforme de pagos. Si el VAE es positivo, es porque los ingresos son mayores que los egresos y por lo tanto, el proyecto puede realizarse; pero, si el VAE es negativo, es porque los ingresos son menores que los egresos y en consecuencia el proyecto debe ser rechazado.

En nuestro caso utilizaremos la desviación de esta fórmula que se conoce como el método del Costo Anual Equivalente (CAE), el cual permite comparar los costos anuales. El proyecto que proporcione menor CAE es el que será aceptado, porque se parte de suponer que los ingresos son iguales para todas las opciones de alternativas, y por ello se decide únicamente en función de los costos.

Teniendo el VPN, la fórmula para transformar dicha cifra en anualidades es:

$$CAE = VPN\left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right)$$

3.4.3 Depreciación

La depreciación es la pérdida de valor que experimentan los bienes debido su edad, uso y obsolescencia. Es un reconocimiento racional y sistemático del costo de los bienes, distribuido durante su estimado de vida útil, con la finalidad de obtener los recursos necesarios para la reposición de los bienes, de manera que se conserve la capacidad operativa o productiva del ente.

Para calcular la depreciación imputable a cada período, debe conocerse:

- Costo del bien, incluyendo los costos necesarios para su adquisición.
- Vida útil del activo, que deberá ser estimada técnicamente en función de las características del bien, el uso que se le dará, la política de mantenimiento del mismo, la existencia de mercados tecnológicos que provoquen su obsolescencia, etc.
- Valor residual final.
- Método de depreciación a utilizar para distribuir su costo a través de los períodos contables.

3.4.3.1 Método de línea recta

En este método se asume que el activo se desgasta por igual durante cada período contable, la depreciación se considera como función del tiempo y no del uso. Este método se usa con frecuencia por su sencillez y facilidad de cálculos. Dicho procedimiento se justifica cuando se considera obsolescencia progresiva de la vida del bien. El método de la línea recta se basa en la fórmula:

$$\frac{\text{Costo} - \text{Valor de desecho}}{\text{Años de vida útil}} = \text{Monto de la depreciación para cada año de vida del activo, o gasto de depreciación anual}$$

4.1 Metodología

Toda investigación precisa de un plan que permita dar respuesta a ciertas interrogantes. Este plan se define como diseño de la investigación o metodología, y abarca pasos y estrategias para llevar a cabo la investigación en forma clara y sistemática.

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizó la siguiente metodología:

4.1.1 Formulación del problema

En esta etapa se trata de entender y analizar los procesos que intervienen en el sistema actual, de manera de detectar los problemas existentes. En base a la identificación y definición de los mismos, se platean los objetivos a desarrollar para alcanzar la mejorar de la situación actual.

4.1.2 Levantamiento de los procesos e información

En esta fase se concretiza la familiarización con el proceso en estudio, realizando un levantamiento de los pasos y criterios, de cada una de las etapas del proceso.

El levantamiento de la información referente a los procesos operativos del sistema en estudio y la lógica que controla a dichos procesos, se realiza para el establecimiento de las condiciones básicas que permitan modelar el sistema.

La recopilación debe enfocarse en el registro de hechos que permitan conocer y analizar información específica y verdaderamente útil para el trabajo. Asimismo, debe aplicarse un criterio de discriminación, basado en el objetivo del estudio, y proceder continuamente a su revisión y evaluación para mantener una línea de acción uniforme.

Para la recopilación de la información se utilizaron las siguientes técnicas:

- Análisis documental: se basó en el estudio efectuado a fuentes escritas de información, tales como libros, guías, páginas Web y artículos.
- Entrevistas y consultas: información obtenida a través del contacto directo entre el investigador y el personal relacionado con el área en estudio.
- Data histórica y documentación de la empresa: registros e información que la empresa posee acerca de reportes o pronósticos.

- Observación directa: información recogida por el investigador, directamente del proceso. La información obtenida fue validada por los trabajadores expertos de cada área.

4.1.3 Construcción del modelo de simulación

Una vez levantada toda la información se recurrió a métodos de simulación para representar en un modelo los principales procesos que se llevan a cabo en el almacén.

En la construcción de un modelo de simulación, es importante tener claro el objetivo que se persigue con la elaboración del mismo. Esto dará los lineamientos principales sobre aspectos como precisión del modelo, grado de detalle, indicadores requeridos para medir el impacto de la transformación o del diseño, y los procesos a ser modelados e investigados.

4.1.4 Validación del modelo actual

Culminado el diseño del modelo, se verifica que el mismo representa la realidad de los procesos.

La etapa de validación permite la comparación de los resultados que arroja el modelo, con los datos obtenidos del sistema real. Esto señala si el modelo con los parámetros empleados se ajustan a la realidad. En caso contrario, se debe revisar el modelo y los parámetros, para realizar los ajustes necesarios.

4.1.5 Análisis de sensibilidad

Una vez validado el modelo, se procede a introducirle modificaciones con miras a mejorar los procesos.

Un análisis de sensibilidad intenta evaluar el impacto de los datos de entrada o de las restricciones especificadas a un modelo, en los resultados producidos por éste.

El análisis de sensibilidad es una de las partes más importantes en el estudio para la toma de decisiones, ya que permite realizar pruebas con nuevas configuraciones en el sistema, así como apreciar las consecuencias de dichos cambios.

4.1.6 Análisis de costos

Una vez que se realiza el estudio técnico de un proyecto, hay que verificar la incidencia económica de la aplicación de las propuestas.

El análisis de costos pretende determinar cuales serán los montos de los recursos económicos necesarios para la realización de las propuestas; tales como los costos de inversión y los costos operativos.

4.1.7 Conclusiones y recomendaciones

En esta etapa se da respuesta al problema planteado, así como a los objetivos propuestos. Abre la puerta al futuro, planteando interrogantes o posibilidades para nuevas investigaciones sobre ese tema o sobre temas relacionados con él.

Las conclusiones deben responder a preguntas planteadas, a partir de lo resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto, demostrando aprendizajes y posibilidades futuras.

Adicionalmente, se incluye un apartado con las recomendaciones personales, que surgirán como consecuencia del estudio, del análisis realizado y de las conclusiones.

A continuación se realizará una breve descripción de los procesos, criterios, recursos y capacidades del almacén.

5.1 Manejo de materiales

Desde la planta de producción Los Cortijos hasta el almacén de California Sur, a través de bandas transportadoras, llegan las gaveras de producto terminado a las máquinas paletizadotas. Las cuales se encargan de generar las llamadas paletas, juntando una serie de camadas de cajas de cerveza o malta sobre una plataforma de madera.

En el caso de productos en botellas retornables, por medio de una grúa en la parte posterior de los toboganes son introducidas las paletas; deslizándose éstas por efecto de la gravedad a lo largo de la estructura, hasta llegar a la parte delantera de la misma, la cual es conocida como zona de carga. En el caso de los productos en latas y en botellas no retornables, los montacarguistas se encargan de tomar las paletas directamente de las paletizadoras, y colocarlas en las zonas del piso correspondiente al tipo de producto.

En el proceso de descarga de las gandolas llegan paletas con botellas vacías, las cuales son tomadas por los montacarguistas para alimentar las despaletizadoras, éstas a su vez se encargan de deshacer una paleta en gaveras. De allí las mismas son llevadas por bandas transportadoras a la planta de producción de Los Cortijos, donde después de realizado el ciclo de producción, saldrá el producto terminado para volver a comenzar el ciclo.

Cuando una línea de producción comienza a operar, transcurren entre dos y media a tres horas, para que empiecen a salir las primeras gaveras con producto terminado. Lo cual implica que durante este tiempo por las líneas de producto retornable que están siendo alimentadas con vacío, saldrá casillero en vez de producto terminado. Éste posteriormente es desalojado de los toboganes a la zona dispuesta para ellos.

5.2 Proceso de producción

La planta de los Cortijos trabaja las 24 horas del día, 5 días a la semana; pudiendo trabajar los sábados dependiendo de las necesidades. Existen actualmente 7 líneas de producción, las cuales se indican a continuación:

Líneas de producción	Productos
Línea 2	A,B
Línea 3	B
Línea 4	C,D
Línea 5	E,F,G,H
Línea 6	I
Línea 7	J
Línea 8	K

Tabla Nº 2: Líneas de producción

5.3 Recursos

En la actualidad se cuentan con los siguientes recursos por turno:

Montacarguistas	Cantidad
Lleno	3
NR y Lata	2
Vacío	4
Grúa	2
Comodín	1
Vacacionista	1
Total	**13**

Tabla Nº 3: Recursos montacarguistas

Montacargas	Cantidad
Simples	3
Dobles	10
Total	**13**

Tabla Nº 4: Recursos montacargas

El montacarguista comodín puede ser utilizado para sustituir temporalmente a cualquier otro; para servir de apoyo en el caso de estar trabajando simultáneamente las líneas 6,7 y 8; para sacar casillero de los toboganes cuando empiecen a correr las líneas de producción; o cualquier otra función que le sea designada por el supervisor.

5.4 Capacidades de almacenaje

A continuación se observa la disposición actual por presentación (RET, NR, latas y vacío) en el almacén. Las flechas azules en el borde izquierdo delimitan las áreas techadas y no techadas de éste. Las flechas rojas indican la secuencia del proceso, enumerando a su vez las principales etapas, (Las cuales serán explicadas a continuación). Además se presentan las capacidades en paletas y el área requerida para cada presentación.

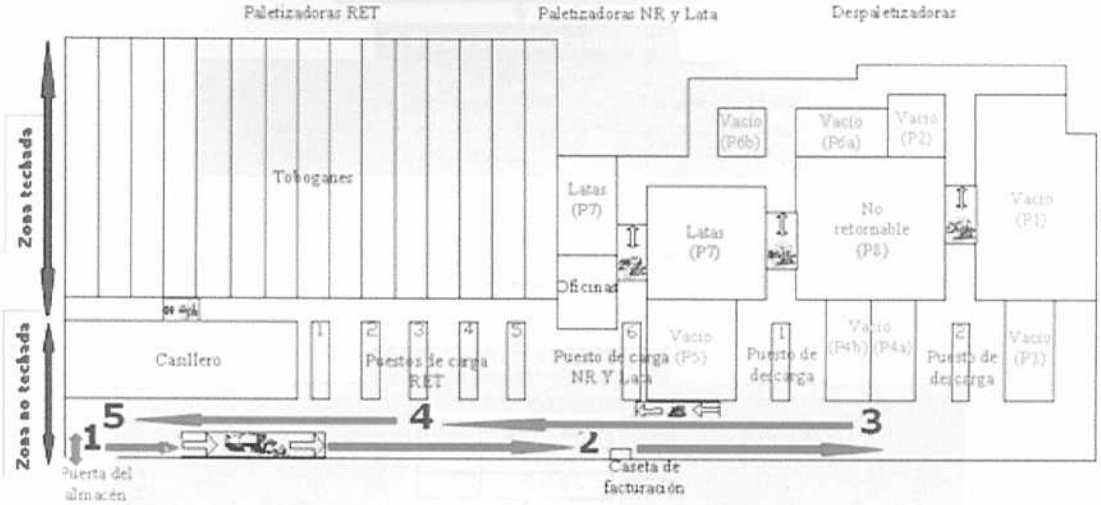

Figura N° 2: Diagrama del almacén

Productos	Capacidad (Paletas)	Área (m²)
Retornables (Toboganes)	4.720	4.738
Latas	1.890	907
No retornables	1.152	830
Vacío	4.941	2.372
TOTAL	**12.703**	**8.847**

Tabla N° 5: Capacidades y áreas para el inventario

El área de los toboganes está conformada por 59 toboganes en sentido horizontal por tres de alto, cada uno con capacidad para albergar un máximo de 40 paletas de profundidad. Sin embargo en la actualidad el tercer nivel está siendo utilizado únicamente para guardar casillero. De la capacidad total de 7.080 paletas, están siendo utilizadas sólo 4.720.

5.5 Descripción del proceso de descarga-carga de las gandolas

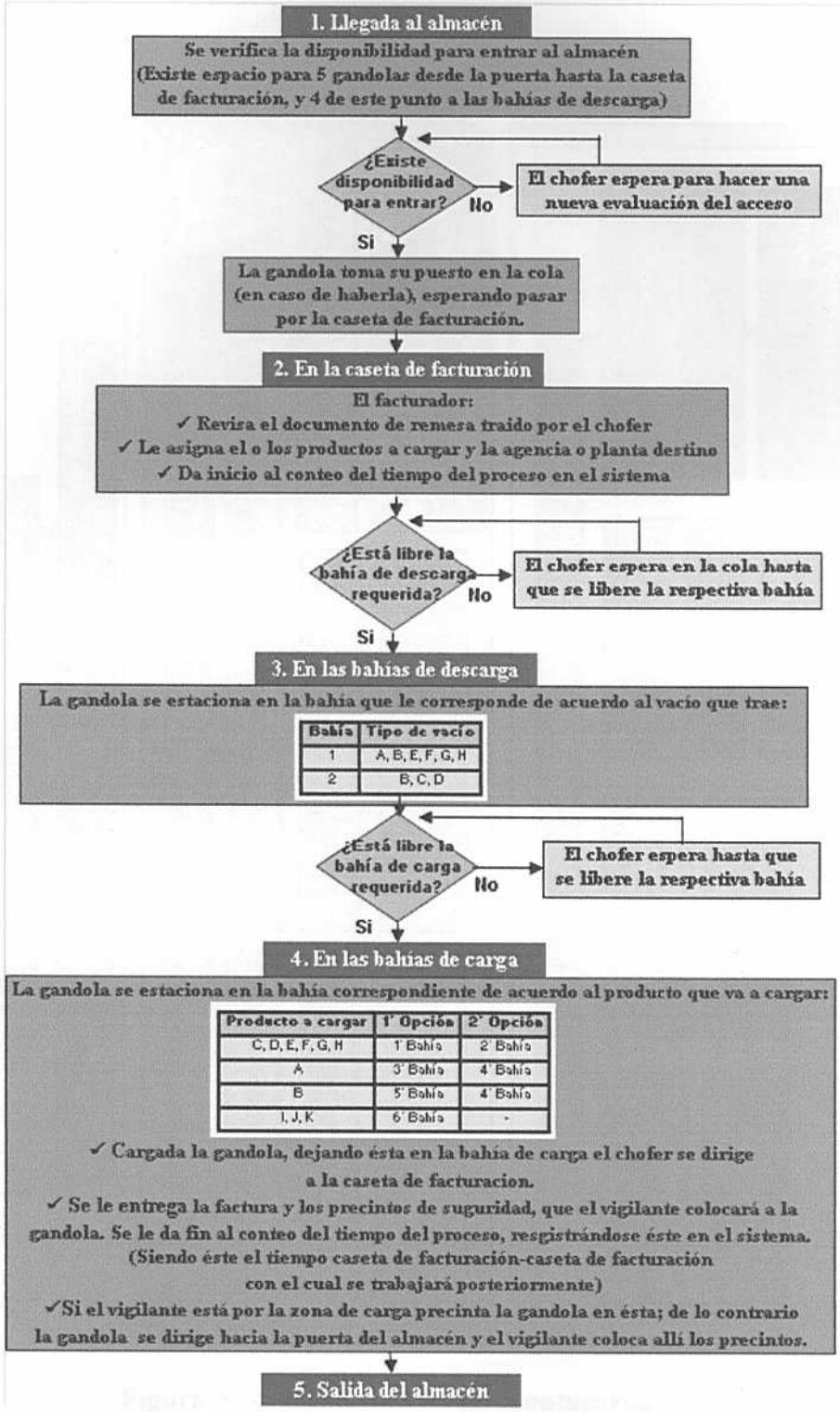

Figura N° 3: Descripción del proceso descarga-carga de las gandolas

5.5.1 Funciones de los montacarguistas y criterios utilizados en el proceso de descarga

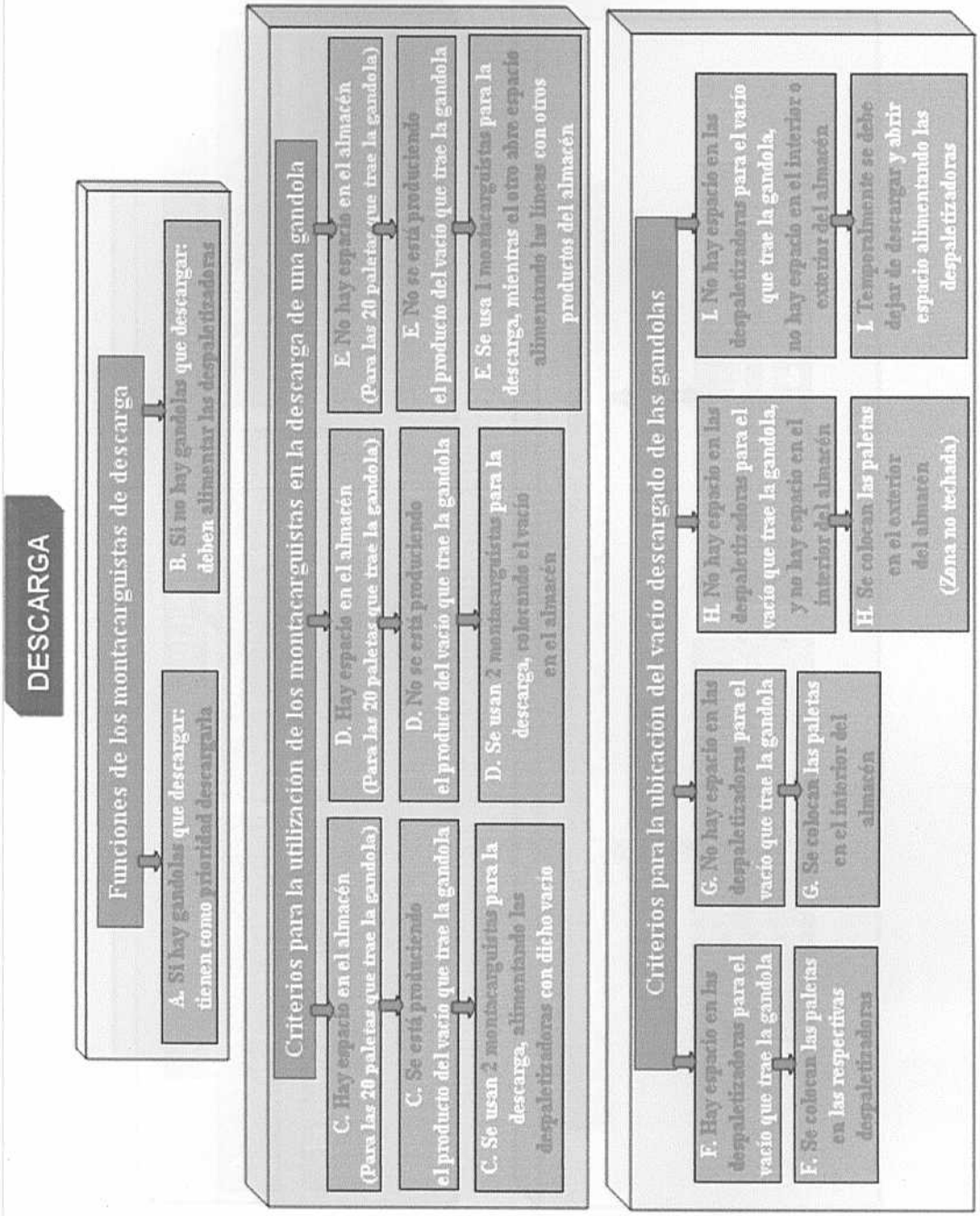

Figura Nº 4: Funciones de los montacarguistas y criterios utilizados en el proceso de descarga

5.5.2 Funciones de los montacarguistas y criterios utilizados en el proceso de carga

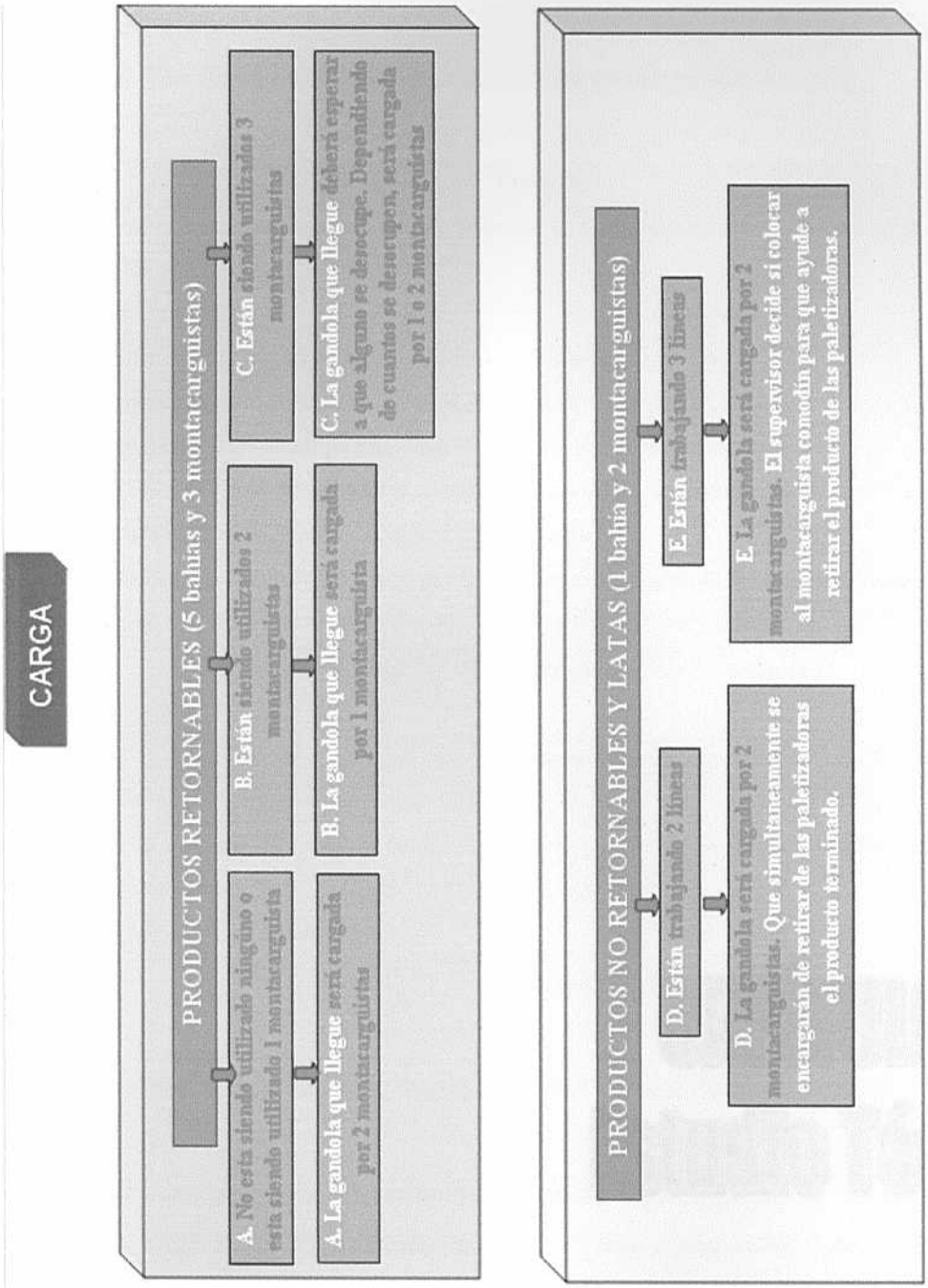

Figura Nº 5: Funciones de los montacarguistas y criterios utilizados en el proceso de carga

Se discutirán más a profundidad los principales problemas existentes en el almacén, así como los cálculos y resultados pertinentes, para proponer mejoras.

6.1 Los toboganes

6.1.1 Ventajas y desventajas de los toboganes actuales

Ventajas
- Proporcionan almacenamiento sin mayor esfuerzo, es decir se aprovecha la fuerza de gravedad para el traslado de las plataformas.
- No consumen energía.
- Promueven el FIFO (first in first out), primero que llega primero que sale.
- Existe un mejor aprovechamiento del espacio físico, al no requerir pasillos.
- Se requiere de poco personal para el almacenamiento y para la carga.
- Las roturas de producto son pequeñas, debido a las pocas maniobras humanas en el almacenamiento.
- Brindan seguridad al personal al limitar el paso peatonal.
- Reducen los desplazamientos desde el producto al camión, logrando disminuir el tiempo de carga.
- Proporcionan un almacenamiento ordenado, para una rápida localización.

Tabla Nº 6: Ventajas de los toboganes

Desventajas
- Debido a fallas y desgaste en sus componentes, las paletas tienden a atracarse en ellos.
- Requieren de la ayuda del personal en el momento de no avanzar adecuadamente las paletas.
- Existe el riesgo de accidentes, cuando hay personas dentro de ellos.
- Se dificulta la toma de inventario.

Tabla Nº 7: Desventajas de los toboganes

Las fotos del anexo Nº 2, ilustran el estado actual de los toboganes.

6.1.2 Análisis para los requerimientos de capacidad en los toboganes

Para entender las capacidades actuales y propuestas de los toboganes, se realizó el siguiente análisis: Con información del año 2005 y la primera mitad del 2006, se consiguió el inventario diario en número de paletas, de cada producto terminado y cada

presentación. Con esto, se calculó el equivalente en toboganes que se debió disponer para cada uno de ellos, (Anexos Nº 3, 4 y 5). De esta forma sumando los requerimientos para cada producto, se consiguió en base al concepto de gráfica de control, la cantidad de toboganes necesaria para cada presentación (retornable, no retornable y lata); se calcularon 3 niveles de confianza, (Anexo Nº 6). En el caso de no retornables y latas, aunque dieran en su ocupación menos de un tobogán, se les asignó dos de éstos por producto; con la finalidad de garantizar que los montacarguistas puedan tener fácil acceso a la toma del producto, ya que se tienen montacargas dobles (que toman dos paletas al mismo tiempo).

En base a lo anterior, se observa que en la actualidad la disponibilidad de espacio en los toboganes para producto retornable, satisface los niveles de inventario con un nivel de confianza de 68,3%, sin llegar a un 95,5%. Al estudiar la inclusión de los productos no retornables y latas en los toboganes, para satisfacer los requerimientos de espacio con una probabilidad de 95,5%, se debe contar con 195 toboganes.

De los 195 toboganes, por el análisis anterior, se obtiene que en promedio se necesitarían 121 toboganes para el producto retornable, 33 para la lata y 41 para los no retornables. (Anexo Nº 7).

Para los próximos años es muy probable un aumento en la cartera de productos, versiones y ventas, y con ello se incurrirán en aumentos de inventario. En estas circunstancias se podría recurrir a sacar de los toboganes a aquellos productos que posean para ese momento un inventario tan pequeño que no justifique su uso y colocarlos en la actual zona de almacenamiento de lata. Igualmente se sabe que unas pocas paletas colocadas en piso en esta zona no causarían mayores problemas ni inconvenientes al sistema.

Además de los toboganes disponibles para el producto terminado se deben destinar algunos para el casillero, ya que en cada arranque de las líneas de producción salen aproximadamente 70 paletas por línea. Evaluando la situación más crítica, donde arranquen las 4 líneas de producto retornable simultáneamente, se contarían con aproximadamente 280 paletas, o lo que es lo mismo se necesitarían 7 líneas de toboganes (280/40). Actualmente se disponen sólo de 4 líneas de tobogán. Una vez que

empieza a correr la producción un montacarguista se encarga de ir sacando el casillero de los toboganes y colocándolo en otra zona.

6.1.3 Ampliación de los toboganes

Esta propuesta consiste en el reemplazo y ampliación de los toboganes actuales, por una estructura similar.

Las especificaciones a continuación:

	Actualidad	Propuesta	Crecimiento (%)
Toboganes	118	201	70,3%
Capacidad (Paletas)	4.720	8.040	70,3%
Área ocupada (m²)	4.738	5.383	13,6%

Tabla N° 8: Comparación de capacidad de los toboganes

Este incremento de 3.320 paletas representa un crecimiento de un 70,34% de la capacidad actual, empleando sólo un 13,61% de espacio físico. Esto debido a que además de ganar espacio de almacenamiento en la nueva zona de expansión, se estaría habilitando todo el espacio del 3° piso para poder almacenar producto terminado.

Este espacio destinado a la ampliación, el cual se encuentra al lado de los toboganes actuales, abarca unas dimensiones de 12,20m. de ancho por 52,88m. de profundidad. Adicionalmente para esta ampliación se requiere una zona del almacén que no esta siendo utilizada actualmente.

Así mismo, en relación a la capacidad total de almacenaje en paletas que se estaría ganando se presentan los siguientes escenarios:

	Situación Actual	Introduciendo NR en toboganes	No introduciendo NR en toboganes
Capacidad (Paletas)	12.703	16.599	16.023
Incremento de la capacidad (%)	-	31%	26%
Área ocupada (m²)	8.847	9.492	9.492
Incremento del área utilizada (%)	-	7%	7%

Tabla N° 9: Comparación de capacidad del almacén

Esta diferencia radica en que pudiendo colocar los productos NR en los toboganes, se podría apilar hasta tres pisos en la zona donde actualmente están dispuestos éstos, la cual en los momentos solo permite 2 pisos, por características del producto.

En cualquiera de los casos, el reemplazo y ampliación de la estructura actual, representa un incremento bien importante en la capacidad total del almacén.

Adicionalmente se observa como con 201 toboganes se estaría en capacidad de cumplir los requerimientos de espacio para todas las presentaciones de producto terminado (retornable, no retornable y lata). Se destinarían aproximadamente 195 toboganes para el producto terminado y 6 para el casillero.

6.1.4 Estudio de las grúas para la ampliación de los toboganes

Otro punto importante de considerar, es si las grúas que actualmente se utilizan para alimentar los toboganes, servirían para realizar el mismo trabajo en los toboganes propuestos. Para ello, en primera instancia, se realizó una simulación con la finalidad de observar en base al funcionamiento de las mismas, las capacidades que podrían soportar cada una. En la simulación se contempló lo relacionado con los tiempos, recorridos y número de grúas que estén operando.

Siguiendo la capacidad de producción de paletas por hora de cada una de las líneas, se realizó la simulación, probando inicialmente la situación actual con el promedio de productividad de cada una de las líneas de producción, y posteriormente pasando por varios escenarios, en los cuales se incrementó la productividad de las líneas para ver en que punto colapsaba el sistema.

La productividad promedio de cada línea de producción para la situación original, fue obtenida de la gerencia de envasado, a partir de los registros de los últimos seis meses. Y en relación a los tiempos del proceso fueron tomados durante varias jornadas de operación.

La condición normal es que ambas grúas estén trabajando en todo momento, la primera cubriendo las líneas 3 y 2, y la segunda las 5 y 4 (Anexo Nº 8). Solo en el caso que no esté corriendo la línea 4, se puede autorizar el funcionamiento de una sola grúa.

Por ser mayor la distancia desde la línea 4 hasta donde se colocan dichos productos en el tobogán, no se permite tener un solo gruero pendiente de dos líneas además de ésta.

Al realizar la simulación de las condiciones actuales, se consideraron dos posibles escenarios:

- En el primero: Operando todas las líneas y teniendo habilitadas las dos grúas. Se pudo observar que para las cuatro líneas en funcionamiento, en todos los niveles de productividad las grúas soportan la capacidad, (Anexo Nº 9).
- En el segundo: Operando todas las líneas excepto la 4 y teniendo habilitada una sola grúa. En este caso cuando las tres líneas están trabajando, a un 80% de productividad, una solo grúa no es capaz de cumplir los viajes requeridos, (Anexo Nº 10).

Así mismo para la propuesta de introducir las presentaciones no retornables y latas en los toboganes, se cuenta con siete líneas de producción. En el peor de los casos que todas las líneas están trabajando simultáneamente, se observa como a un 80% de productividad global colapsa el sistema en la grúa 2, (Anexo Nº 11). Sin embargo la probabilidad que todas las líneas estén funcionando al mismo tiempo, y que todas alcancen niveles de productividad del 80% es casi nula. Y en el peor de los casos se encontraría la grúa 1 para temporalmente ayudar a la grúa 2, solo en el caso que fuera estrictamente necesario. Por estos motivos, en relación a las capacidades de las grúas no hay argumentos que justifiquen la necesidad de cambio de éstas, para los toboganes propuestos.

Se estima que sería un buen punto de referencia asumir que las líneas de producción trabajen en conjunto a la productividad promedio de cada una. Ya que lo mas lógico es que la diferencia del aumento o la disminución temporal de la productividad de cada una, pueda ser compensada por las demás.

6.2 Falta de espacio físico

En cuanto a la falta de espacio físico es un factor que está presente más que todo para los productos retornables y el vacío.

6.2.1 Latas y no retornables

Para las latas no se observaron problemas durante todo el año 2005 (Anexo Nº 12). En cuanto a los no retornables se estuvo cerca de la capacidad máxima en varias ocasiones, y también existieron semanas donde la capacidad fue sobrepasada, (Anexo Nº 13). Sin embargo observando conjuntamente los inventarios de lata y NR, ya que por su cercanía en caso de existir la necesidad pueden compartir áreas, se apreció que en ningún momento se llegó a su máxima capacidad, (Anexo Nº 14).

6.2.2 Retornables

Para el año 2005 se observó que en la mayoría de los casos, el inventario de retornable no sobrepasa la capacidad de los toboganes, aunque en varias ocasiones se llega a puntos cercanos, (Anexo Nº 15). La capacidad para el retornable en los toboganes es de 4.560 paletas. Idealmente cada producto debería tener unos toboganes específicos o al menos preestablecidos, para evitar la mezcla de productos. No obstante en la actualidad cuando se necesita el espacio se pueden llegar a mezclar en un mismo tobogán 2 o 3 productos.

Se observó que en temporadas picos del año el inventario máximo llegó a 4.991, lo que representa casi un 10% más de la capacidad máxima de los toboganes, o lo que equivale a tener prácticamente todos los toboganes llenos y aparte colocar producto en frente de éstos. Adicional a este pico existieron varias oportunidades donde el inventario llegó o sobrepaso el límite máximo de capacidad, esto ocurrió en aproximadamente un 2% de los días estudiados.

6.2.2.1 Variación durante el día que se produce en los niveles del inventario retornable

Otro factor importante a tener en consideración, es la desviación durante el día que sufre el inventario registrado; ya que la llegada de camiones en las distintas horas del día es muy variable, (Anexo N° 16), mientras que la producción es casi constante. Lo cual hace que exista una fluctuación del inventario por hora.

Asumiendo que lo que se produzca de retornable será lo despachado, y estimando que en promedio por día se despachan 1841 paletas de éste; asignando un ritmo de producción continuo durante todo el día, se tiene que por hora se generan unas 77 paletas.

Calculando la variación del inventario para cada hora del día (inventario final de la hora anterior, mas lo que se produce, menos lo que se despacha), y partiendo como inventario inicial las 6a.m (que es el inventario reportado); se aprecia que durante el día el punto mas alto de inventario se alcanza a las 8p.m, con un incremento de 173 paletas en relación al inicial (lo cual es lógico teniéndose en la tarde varias horas en las cuales el número de despachos presentan una baja considerable). Transformando este número de paletas en toboganes, se tiene que la fluctuación en los mismos es de aproximadamente 5 unidades, (Anexo N° 17).

Del análisis anterior se deriva que la capacidad máxima de los toboganes a las 6a.m debe ser de aproximadamente un 95% del total (109 toboganes para el retornable), para que a las 8p.m sea del 100% (114 toboganes). Con lo cual se tiene que aproximadamente un 6% de los días estudiados se encontró el inventario a niveles iguales o superiores del 95% de capacidad.

No obstante el anterior análisis es considerando que por día se produce lo mismo que se despacha; en caso de producirse más de lo despachado esta oscilación del inventario durante el día tenderá a incrementarse. Es por ello que de forma general se considera que con una utilización del 90% de la capacidad total, el espacio de los toboganes es un problema que muy probablemente repercuta en paralización de líneas de producción u otras medidas extremas; y este nivel de inventario se alcanzó en un 12% de los días estudiados.

6.2.2.2 Consecuencias de la falta de espacio para los retornables

Cuando los inventarios de retornable sobrepasan el espacio disponible en los toboganes, se puede colocar una pequeña cantidad de paletas en la parte anterior de los mismos, perjudicando de alguna manera la salida de los demás productos. Si la situación se hace aún más crítica, se debe proceder a la paralización de las líneas de producción hasta lograr el descongestionamiento de la estructura. Sin embargo esto no se contempló en la simulación, ya que se asumió que siempre existirá el producto y el espacio necesario, esto no es del todo cierto, pero las consecuencias de ello se estudiarán como un problema relacionado con los toboganes y no con el tiempo del proceso descarga-carga. Esto debido a que prácticamente en ningún momento ocurre que se detenga o retrace el proceso de carga por falta de inventario, así como tampoco por exceso del mismo, ya que los facturadores podrán reasignar los productos a cargar, en caso de no haber el planificado para dicho momento.

6.2.2.3 Análisis de la paralización de las líneas de producción por falta de espacio en los toboganes

La paralización no prevista de las líneas de producción por falta de espacio en los toboganes para el último año fiscal fue en total de 193 paradas, acumulando un total de 5.770 minutos anuales (96,17 horas), (Anexo Nº 18). Lo que si en tiempo total quizá no sea una cifra muy significativa, en cuanto al número de paradas si lo es, ya que mas de la mitad de los días del año esta ocurriendo este fenómeno, sucede casi a diario considerando los días que efectivamente laboran las líneas. Como consecuencia de ello, se consigue la disminución de la productividad de las líneas de producción, así como la pérdida de aproximadamente 222.588 cajas al año (3.121 paletas anuales), (Anexo Nº 19).

Del total de las paradas logísticas registradas, el 17,93% fueron debidas a problemas de falta de espacio en los toboganes, (Anexo Nº 18). Sin embargo las paradas logísticas representan aproximadamente un 8% del total de las paradas de las líneas de producción, siendo las más influyentes con un 80% el mantenimiento mecánico. Con lo

cual se aprecia que del total de las paradas de las líneas de producción, aproximadamente el 1,4% fueron por problemas de espacio en los toboganes.

Adicionalmente se observa que para los productos NR y lata, o sea para las líneas 6, 7 y 8, no existe tal magnitud en el problema de las paradas de las líneas por falta de espacio en el almacén, tal como se observa en el (Anexo Nº 20).

6.2.3 Vacío

Para el inventario vacío se dispone actualmente de un espacio para almacenar 4.991 paletas. No obstante esta capacidad máxima de vacío es tomando en cuenta zonas externas a la techada en el almacén, que en la actualidad por necesidad de espacio son utilizadas, pero causando con ello la reducción a solo 2 bahías de descarga vs. las 6 bahías de carga.

Se aprecia que aunque en general el inventario de vacío no se encontró en límites muy cercanos a la capacidad máxima, en aproximadamente un 24% de las veces se sobrepasó el 80% de ésta, al mismo tiempo que en un 6% sobrepasó los límites del 90% de capacidad. Y como se verá luego en la simulación, esto acarrea problemas de incremento en el tiempo global de descarga-carga y utilización de gandolas en plancha en las situaciones mas extremas.

Adicionalmente se registró un pico atípico, que logró exceder en más del 50% la capacidad actual del almacén destinada al vacío, (Anexo Nº 21). Dado que dicho pico ocurrió en las primeras semanas de enero, donde el inventario de NR y Lata tiene sus bajas, se pudo controlar ocupando estas zonas temporalmente.

6.2.3.1 Medidas que se utilizan para descongestionar el almacén de inventario vacío

Para solucionar los problemas de falta de espacio físico en el vacío, si existe la disponibilidad, se permite ocupar temporalmente parte del espacio de los productos no retornables.

Otra medida que se utiliza para descongestionar la zona de vacío, es no mandar de las agencias gandolas con vacío, sino en plancha (gandolas sin vacío retornable), hasta

que exista nuevamente la disponibilidad de espacio. Sin embargo esta medida prácticamente se limita al turno de la noche, ya que solo las agencias de La Yaguara y Los Ruices son las capaces de aceptar dichas condiciones, por ser las de mayor capacidad con las que trabaja el almacén. Las demás por limitación de espacio difícilmente pueden mandar camiones en plancha.

No obstante la aplicación de esta medida es muy variable, hay semanas que se deben hacer estos viajes y otras que no. La cantidad de gandolas puede cambiar mucho de una semana a otra. Sin embargo cuando existen, se estiman en un promedio del 5% del total de los viajes realizados al almacén.

6.2.3.2 Análisis de la paralización de las líneas de producción por falta de vacío

Las paradas de las líneas de producción también son debidas a la falta del vacío para el producto correspondiente. Para el año anterior se reportó una paralización de 4.354 minutos (72,57 horas).

Del total de las paradas por problemas logísticos, el 13,53% fueron debidas a este problema; lo cual representa aproximadamente el 1,1% de las paradas totales de las líneas de producción.

Entre este problema y el de falta de espacio en los toboganes, (ambos problemas debidos al almacén), representan un 2,5% de las paradas imprevistas de las líneas de producción.

6.2.4 Casillero

Otro problema que se presenta, es los altos niveles de inventario de casillero. Para el año 2005 se registró un promedio de 5.024 paletas de casillero, alcanzando un pico máximo de 7.115 paletas, (Anexo Nº 22).

La capacidad máxima actual en paletas para el casillero es de 6.918 paletas. La cual en estos momentos se encuentra distribuida en principalmente cuatro zonas del almacén; el 3° piso de los toboganes con una capacidad para 2.360, frente a los

toboganes para 1.482 paletas, en la parte posterior del almacén unas 415 paletas y a un lado del almacén fuera de la parte techada 2.661 paletas adicionales.

En la actualidad el utilizar estas zonas no previstas para colocar casillero, trae como consecuencias: la eliminación de prácticamente la mitad de las bahías de carga, al tener casillero en dicho espacio; el ocupar lugares destinados a producto terminado, al tener casillero en el tercer piso del tobogán. En caso de realizarse el reemplazo de la estructura dinámica, se debe contemplar la eliminación del casillero en el 3° piso de los toboganes y en frente de los mismos, reduciendo la capacidad disponible para el casillero a 3.076 paletas.

Así mismo, desde mediados del año 2006, se está moliendo casillero en el almacén, proceso que anteriormente lo realizaban unos terceros. Esto ha avenido ayudando a agilizar el proceso de reducción del inventario de casillero.

6.3 Elevados tiempos del proceso descarga-carga

Después de realizada la simulación de la situación actual, incluyendo como factores: tiempos, inventario, producción, transporte, capacidades físicas del almacén, diferenciación por producto en la descarga y carga, cantidad de personal y horarios de descanso, turnos y días de la semana; se logró obtener una buena representación del funcionamiento actual del almacén.

La importancia de haber realizado el modelo tomando en cuenta las variables descritas, tiene la ventaja de que los resultados de dicha simulación se aproximan mucho a la realidad. Además se pueden apreciar problemas derivados de alguna variable, que sin la inclusión de la misma no hubiese sido posible.

Dicha simulación se realizó con la finalidad de conseguir los problemas existentes en cada uno de los procesos, así como para poder introducir cambios en el modelo y observar las respuestas a los mismos y poder plantear propuestas globales de mejora. Para ello se contó con reportes en cuanto a utilización de recursos, tiempos de procesos, colas, y cantidad de entidades que pasan por cada una de las etapas del proceso de descarga-carga.

Una vez culminado el modelo de la situación actual, se validó comparando las medias de los tiempos globales del proceso descarga-carga de los datos arrojados por la simulación, con los datos obtenidos por mediciones realizadas y por data histórica. Esta validación estadística se efectuó mediante la prueba no paramétrica Mann Whitney, (Anexo Nº 23), ya que la data obtenida en ambos casos no se ajustó a una distribución normal, según lo reportado por el test de normalidad Anderson Darling que les fue aplicado, (Anexo Nº 24). Para registrar los tiempos simulados del proceso descarga-carga, en cada uno de los escenarios, se utilizó la herramienta *readwrite* como vínculo entre los programas Arena y Excel.

Se sabe que los datos, probabilidades, distribuciones estadísticas, patrones observados en la realidad, en fin cualquier criterio expuesto en este modelo, puede tener variaciones con respecto a la realidad, ya que la información recogida del sistema para el modelo está basada en data histórica o en observaciones, con un tamaño de muestra de al menos 50 datos y en muchos casos de cien o más.

Al no tener una muestra aleatoria, no se pueden usar fórmulas estadísticas para el cálculo del tamaño de muestra. En este caso se contó con un muestreo no probabilístico o no científico, el cual es un muestreo exploratorio o especulativo, no confirmatorio. Como el objetivo de este trabajo no es hacer estimaciones, sino asignar una distribución de probabilidades a cada proceso, siguiendo las exigencias de las pruebas Chi cuadrado y Kolmogorov para la bondad del ajuste, se usaron para la búsqueda de las distribuciones estadísticas a utilizar tamaños de muestras de mínimo 50 observaciones. Se les realizó mediante la ayuda del programa Input de Arena, la prueba Chi cuadrado, para determinar la bondad de ajuste de una curva (distribución) a un conjunto de datos, (Anexo Nº 25).

6.3.1 Datos generados por el modelo de simulación

Los resultados generados por el modelo de simulación, para cada uno de los escenarios analizados se muestran en los siguientes anexos: El anexo 26, presenta los tiempos parciales y totales; el anexo 27, la utilización de cada uno de los recursos

involucrados en el proceso y el anexo 28, la distribución de las gandolas por bahía y por número de montacarguistas que la procesaron.

6.3.2 Situación Original

Se empezará por discutir los datos y cifras que reportó la simulación de la situación actual para así entender las raíces de los problemas y ver las posibles soluciones.

6.3.2.1 Tiempos

El promedio del tiempo global del proceso arrojado por el modelo de simulación desde que la gandola llega a la caseta de facturación, hasta que vuelve a la misma, fue de 59,43 minutos y el promedio obtenido de los datos reales fue de 60,68. Desde la puerta de entrada del almacén hasta la salida por la misma, el tiempo generado por el modelo de simulación fue de 64,03 minutos.

El promedio del tiempo del proceso de descarga se registró en 22,68 min. y el de carga en 19,69 min.. Sin embargo esto no es más que aproximadamente 2/3 del tiempo total. El restante 1/3 está repartido entre los tiempos de recorrido y estacionamiento entre los distintos puntos del proceso, los tiempos de espera para las bahías de carga (los cuales en su mayoría de los casos son menos de 1 min., excepto la bahía 6 de NR y Lata en donde el promedio de espera llega a unos 5 min.), y los mas importante los tiempo en colas.

De los 64,03min. estimados en el modelo para el tiempo desde la entrada a la salida del almacén, aproximadamente unos 16,75 minutos son de cola para la espera de la descarga, o sea un 26,16% del tiempo total. El tiempo desde la caseta de facturación hasta alguna de las bahías de descarga, (cola 2) es en promedio unos 11,18 min. y el tiempo desde la entrada del almacén hasta la caseta de facturación, (cola 1), en promedio 5,54 min. Siendo éstos los principales puntos de ataque para el logro de la disminución del tiempo total del proceso.

Gracias a estos tiempos se puede apreciar lo siguiente, si cada 19,69 minutos sale una gandola de las bahías de carga, pero se tiene en realidad un máximo de 4 bahías (la de NR y lata, y tres habilitadas para el retornable, ya que se cuentan con 3

montacarguistas para ello), aproximadamente cada 4,92 minutos podría salir una gandola del proceso de carga. En cuanto a la descarga, al tener solo 2 bahías, se puede asumir que aproximadamente cada 11,34 minutos sale una gandola. Se observa cual es la etapa del proceso actual donde la capacidad es inferior a la demanda sobre éste (cuello de botella), y donde se está congestionando el sistema, explicando con ello la formación de las colas en la entrada en el proceso de descarga.

Como se explicó anteriormente, cuando el espacio para colocar el vacío de las gandolas llega a su máxima capacidad y colapsa, este proceso debe paralizarse temporalmente hasta que exista nuevamente disponibilidad de espacio. Esta liberación se conseguirá a medida que se retiren paletas de vacío del almacén destinadas a la producción. El tiempo que las gandolas deben paralizar el proceso, ya estando estacionadas en las bahías de descarga, generado por el modelo es de 7,83 y 5,19 horas semanales, para las bahías 1 y 2 respectivamente. Lo que diariamente se redondea a un promedio de 2,6 horas de espera o paralización del sistema, por falta de espacio temporal para el vacío. Siendo las bahías de descarga el cuello de botella, esas 2,6 horas diarias repercutirán el todo el proceso y en los tiempos globales.

Una pequeña modificación del tiempo de un proceso cuello de botella, repercute en el todo el sistema. Unos 5 minutos adicionales en el proceso de descarga de un camión, al existir una cola de 3 camiones para dicha bahía, para el último puede representar unos 15 minutos solo en cola a la espera de una bahía, un tiempo considerable. Es bueno acotar que esa diferencia de 5 minutos en la descarga de una gandola, puede ser el simple hecho de descargar el camión entre uno o dos montacarguistas.

6.3.2.2 Utilización de recursos

En relación a la utilización de los recursos, se puede apreciar que existe una gran diferencia entre las bahías de descarga y las de carga; siendo las primeras en promedio un 58% y las segundas en promedio 25%; obviamente esto por la cantidad de bahías disponible en cada caso. Se puede apreciar, de igual manera, que en la carga las bahías mas utilizadas son las que se buscan como primeras opciones para la carga del tercio, del

¼ Ice y del NR y Lata, diferenciándose su utilización de las demás hasta en un 30%. En la descarga no ocurre esto, la utilización de ambas es uniforme.

En relación a los montacarguistas, los de descarga tienen un promedio de utilización de 59%, mientras que los de carga están en 27% los de retornable y en 20% los de NR y Lata. Esto debido a que los montacarguistas de descarga además de descargar el camión, deben estar continuamente llenando las despaletizadoras y las trayectorias que recorren son mayores que en el caso de la carga.

6.3.2.3 Cantidad de entidades

En relación al proceso de carga, se aprecia que un 70,09% de las gandolas, fueron cargadas entre las principales opciones de bahías para el tercio, el ¼ Ice y la de NR y Lata, dejando un 29,91% de participación a las otras tres bahías. Y para las bahías de descarga tenemos que la primera fue utilizada por un 48,98%, y la segunda por un 51,02% de las gandolas.

En cuanto al número de montacarguistas que cargan o descargan simultáneamente una gandola, se presenta lo siguiente:

	Carga RET	Carga NR y Lata	Descarga
% de gandolas que son atendidas por 2 montacarguistas	61,82	80,65	86,86
% de gandolas que son atendidas por 1 montacarguista	38,18	19,35	13,14

Tabla N° 10: Número de montacarguistas que atienden a las gandolas en cada proceso

Como se observa, pareciera que se necesitarían más montacarguistas en la carga, ya que en comparación con la descarga un mayor número de gandolas son cargadas por un solo montacarguista. Sin embargo por la carga no ser una restricción, minutos que logremos reducir en ésta, serán minutos menos solo de dicho proceso, sin mayores consecuencias en el tiempo global; mientras que en la descarga serán además disminuciones de los tiempos en las colas existentes para ingresar a dichas bahías.

En la actualidad, (y mientras no se realicen ampliaciones de la capacidad de almacenaje), por limitaciones de espacio, no se cuentan con zonas específicas para cada producto en el vacío; sino que varios productos comparten las mismas, dependiendo de cómo se tengan los niveles de inventario para cada uno, (Anexo N° 29).

Observando los niveles de producción promedio por cada producto, por cada línea de producción y por cada día de la semana, (Anexo N° 30), se entiende que el cambio de éstos durante la semana trae como consecuencia la alteración de los niveles de inventario para cada producto. Se estila tener principalmente el inventario requerido (el cual determinan los analistas y supervisores) para el producto que se esté produciendo y para el que vaya a producir en los próximos turnos, dejando los demás en niveles muy inferiores para poder compensar en cuestiones de espacio, el aumento de los primeros.

6.3.3 Escenarios analizados

Antes de analizar escenarios y aumentar o reorganizar recursos, se debe observar cuales son las posibles alternativas y limitaciones con las que se puede trabajar. Por ejemplo, en la zona de descarga, bajo las condiciones de capacidad actuales, difícilmente se podrían incrementar las bahías; ya que las zonas que anteriormente eran otras bahías, hoy están siendo ocupadas con inventario de vacío; además se requerirían pasillos adicionales para las nuevas bahías de descarga, y esto es prácticamente imposible por la falta de espacio existente. En base a estas limitaciones, solo se evaluaran los escenarios viables.

Para validar los cambios propuestos en cada escenario se hace una comparación de medias entre los tiempos generados en cada escenario y los generados en el modelo original que describe la situación actual. De esta manera se prueba que las modificaciones en el tiempo global del proceso descarga-carga se debieron a los cambios introducidos y no a la aleatoriedad del sistema. Primero se les realizó a los tiempos a comparar una prueba de normalidad, obteniendo que ninguna muestra se ajustó a una distribución normal. Por esto se empleó la prueba no paramétrica Mann Whitney para la comparación de medias, (Anexo N° 31). Para ambas pruebas se hizo uso del programa estadístico Minitab.

6.3.3.1 Escenarios analizados en la situación actual

En base a la situación actual, se analizaron algunos escenarios con la finalidad de observar las respuestas del sistema.

En las siguientes tablas se muestran los tiempos del proceso de descarga-carga obtenidos en cada escenario:

- **Aumento del inventario inicial en el vacío:**

Tiempos	Actual	70%	80%	90%
Tiempo del proceso (Min.)	59,43	62,08	69,57	100,21

Tabla N° 11: Tiempos de descarga-carga en función del inventario inicial en el vacío (situación actual)

Se puede observar que un aumento en el inventario inicial produce incrementos en el tiempo del proceso. Lo cual sugiere la necesidad de mayor espacio en la zona de vacío.

- **Aumento de la llegada de gandolas:**

Tiempos	Actual	10%	20%
Tiempo del proceso (Min.)	59,43	81,09	117,35

Tabla N° 12: Tiempos de descarga-carga en función del aumento en la llegada de las gandolas (situación actual)

Un aumento en la llegada de camiones genera incrementos en el tiempo del proceso. Esto se debe al incremento de los tiempos durante la descarga, debido a la falta de espacio para colocar el vacío.

- **Aumento de los recursos y cambio de procedimiento:**

	Actual	1 montacarguistas adicional en la carga	1 montacarguista adicional en la descarga	8 bahías de carga	Precintar afuera
Tiempo del proceso (Min.)	59,43	57,63	52,33	58,42	58,74

Tabla N° 13: Tiempos de descarga-carga en función del aumento de los recursos y cambio de procedimiento (situación actual)

En estos resultados se destaca que la mayor reducción en el tiempo del proceso se produjo al agregar un montacarguista en la descarga. En consecuencia en los siguientes escenarios se tratará de reducir el tiempo total introduciendo cambios en esta etapa.

Los detalles de estos escenarios se encuentran en el anexo N° 32.

6.3.3.2 Análisis para la propuesta a corto plazo

En los siguientes escenarios, se cuenta con los toboganes actuales, y con ello la misma capacidad para el inventario de producto terminado y vacío. Se estudiará la forma de reducir el tiempo del proceso descarga-carga modificando los criterios de la descarga y los recursos.

Se trabajará en cada bahía de descarga con tres montacarguistas. La función principal de los dos primeros será descargar la gandola únicamente en las zonas externas no techadas del almacén, lugar que se utilizará como buffer. El tercero estará en todo momento pendiente de alimentar las despaletizadoras. Una vez cumplida la descarga de la gandola, y al no existir otro camión a la espera de ser descargado, los tres montacarguistas se ocuparán de llevar el producto al interior del almacén, teniendo como prioridad colocarlo directamente en las despaletizadoras, y en caso de éstas estar ocupadas, en las zonas actualmente destinadas para cada producto.

Esto garantiza que durante las horas en las cuales hay muchos camiones llegando en forma continua, existan dos montacarguistas ocupándose de la descarga en forma más rápida. En las horas de descanso de alguno de los montacarguistas, en caso de ser necesario se puede descargar directamente en las despaletizadoras y no en el buffer.

6.3.3.2.1 Escenarios analizados en la propuesta a corto plazo

Para analizar los siguientes escenarios, se parte de tener tres montacarguistas por cada bahía de descarga. Primero se analizará el efecto de los niveles de inventario inicial, expresado como porcentaje de ocupación de las capacidades de la zona buffer y el interior del almacén.

- **Inventario inicial en cada zona del almacén (Adentro-Buffer):**

	62% Ad. 62% Buf.	70% Ad. 50% Buf.	80% Ad. 40% Buf.	90% Ad. 30% Buf.	95% Ad. 20% Buf.	62% Ad. 62% Buf. (1)
Tiempo del proceso (Min.)	49,77	48,43	43,93	41,97	41,19	47,04

(1): En este escenario se prueba el colocar dos montacarguistas de descarga en el buffer, y dos que alimenten las despaletizadoras.

Tabla N° 14: Tiempos de descarga-carga en función del inventario inicial en cada zona del almacén (corto plazo)

Como se aprecia, desde el escenario donde el inventario inicial en las zonas internas del almacén es de 70% y en las buffer de 50%, al de 80% en las zonas internas y 40% en el buffer, hay una reducción importante del tiempo. Al ser lógico empezar la semana en promedio con un buffer de 40%, se tomará éste como referencia para seguir realizando los posteriores cambios. El uso de 4 montacarguistas por bahía de descarga, como se observa en el último escenario no representa importantes descensos en el tiempo del proceso, por lo tanto no se justifica su inclusión.

- **Adición de recursos en la carga:**

	80% Ad. 40% Buf.	4 montacarguistas carga	8 bahías carga	4 montacarguistas carga y 8 bahías carga
Tiempo del proceso (Min.)	43,93	42,27	43,07	41,59

Tabla N° 15: Tiempos de descarga-carga en función de la adición de recursos en la carga (corto plazo)

Se observa que la introducción de recursos en la carga no reduce en forma importante el tiempo del proceso.

- **Aumento del inventario inicial en el vacío:**

	80% Ad. - 40% Buf.	70%	80%
Tiempo del proceso (Min.)	43,93	44,79	60,58

Tabla N° 16: Tiempos de descarga-carga en función del inventario inicial de vacío (corto plazo)

Al igual que en el análisis de la condición original, se observar que un aumento en el inventario inicial produce incrementos en el tiempo del proceso.

- **Aumento de la llegada de gandolas:**

	80% Ad. - 40% Buf.	10%	20%
Tiempo del proceso (Min.)	43,93	54,97	82,49

Tabla N° 17: Tiempos de descarga-carga en función del aumento en la llegada de las gandolas (corto plazo)

Igualmente el aumento en la llegada de camiones genera incrementos en el tiempo del proceso, debido a las mismas faltas de espacio.

Los detalles de estos escenarios se encuentran en el anexo N° 33.

6.3.3.2.2 Selección de la propuesta a corto plazo

Del análisis de los escenarios anteriores, se puede concluir que la mejor opción sería:

- **2 Montacarguistas en la descarga y 1 Montacarguista en las despaletizadoras por cada bahía, con niveles de inventario inicial de 80% en el interior del almacén y 40% en el buffer.**

Se logra disminuir el tiempo del proceso en un 26,08%, de un valor inicial de 59,43 a 43,93 minutos. Esta cifra es altamente significativa para los cambios que habría que realizar. En los tiempos de cola se logra una reducción a 5,59 minutos en la cola 2, y a 1,09 minutos en la cola 1. Y el tiempo de descarga disminuye a 15,63 minutos. De igual forma el tiempo desde la entrada a la salida del almacén presenta una disminución de 64,03 a 49,22 minutos.

La utilización promedio de las bahías se reduce a 52% y para los montacarguistas a 48%. Esto debido a que los tiempos de permanencia de las gandolas en la descarga disminuyen y se cuenta con un trabajador adicional.

Haciendo un análisis similar al realizado en la situación actual, se tiene que si cada 16,54 minutos sale una gandola de las bahías de descarga, y se cuentan con dos de éstas, en promedio cada 8,27 minutos podría salir una gandola de la zona de descarga. En relación a la carga el proceso se lleva a cabo en unos 19,97 minutos y al tener cuatro bahías, cada 4,99 minutos podría salir una gandola de esta zona. Así que aunque la diferencia de estos tiempos disminuyó en comparación a la situación actual, todavía la descarga sigue siendo la mayor restricción.

6.3.3.3 Análisis para la propuesta a mediano plazo

Para los escenarios de mediano plazo se requiere el haber instalado previamente los toboganes propuestos, en los cuales se tiene previsto almacenar NR y lata, adicionalmente del retornable. Esto traería como consecuencia la liberación de la actual bahía de carga NR y Lata, y el espacio donde se almacenan éstos en piso; ganando así una bahía para la descarga, y un espacio considerable para colocar vacío. Igualmente se espera eliminar el casillero existente en frente de los mismos, ya que es un material que no está en una ubicación adecuada, contando así con 8 bahías para la carga.

Aunque pareciera que al incrementar las bahías de carga, se está desbalanceando el sistema, ya que se tendrían 3 bahías de descarga vs. 8 bahías de carga, no es así, porque en la realidad no se cuentan con 8 bahías de carga simultáneamente, sino con 4, ya que los montacarguistas son los recursos limitantes.

Con la ganancia de estas bahías en la carga, lo que se estaría es permitiendo que las gandolas se estacionen mas cerca de los productos a cargar. Así como, tener la disponibilidad de poder éstas irse estacionando y estar listas para la carga cuando los montacarguistas estén disponibles, y liberar dichos recursos en el mismo momento que terminen el proceso.

En la descarga por motivo de espacio no ocurre esto, los montacarguistas una vez que culminen la descarga de la gandola no podrán ser utilizados para ir descargando otra; en el tiempo restante podrán alimentar las despaletizadoras o reorganizar productos. En las bahías de carga adicionalmente se consumen tiempos en facturación y en la colocación de precintos, mientras que en las de descarga no existen otros procesos.

En la situación actual y en los escenarios de corto plazo, no se pueden ganar más bahías de descarga por falta de espacio. En la de mediano plazo aunque se podrían ganar unas dos bahías adicionales de descarga (además de las tres propuestas), eliminando el vacío en las zonas externas a la techada; observando los tiempos de espera y de cola no habría necesidad de habilitarlas. Así mismo esto traería como consecuencia incomodidad para los montacarguistas, a la hora de tener que descargar las gandolas más lejos de los pasillos de acceso al interior del almacén.

En estas propuestas se tendrán 2 montacarguistas por cada bahía de descarga, y uno que se encargará de hacer la suplencia en las tres bahías, durante todos los recesos; de manera de garantizar que en todo momento las gandolas sean descargadas simultáneamente por dos montacarguistas. En el resto de su tiempo este montacarguista ayudará a la alimentación de las despaletizadoras.

6.3.3.3.1 Escenarios analizados en la propuesta a mediano plazo

En esta condición se realizan cambios para probar la repercusión de los mismos sobre los tiempos totales del proceso. Estos cambios fueron:

- **Adición de recursos en la carga:**

	3 montacarguistas carga	4 montacarguistas carga	4 montacarguistas carga (1)
Tiempo del proceso (Min.)	34,52	32,32	34,53

(1): En este escenario se propone determinar zonas para cada producto vacío en la zona de descarga.

Tabla N° 18: Tiempos de descarga-carga en función de la adición de recursos en la carga (mediano plazo)

La disminución en el tiempo no es significativa con la inclusión de un montacarguista en el área de carga. Sin embargo, se trabajará con 4 montacarguistas en la carga, para evitar que en las horas de descanso de algunos de ellos queden solo 2 en la zona de carga, frente a las tres bahías habilitadas para la descarga. Es por ello que al menos se deberán garantizar 3 montacarguistas en cualquier momento, para mantener el equilibrio del sistema.

En el escenario de las zonas determinadas al tener la mayoría de los productos una única opción en la bahía para descargar, se produjo un aumento no significativo en el tiempo de descarga, que se refleja en el tiempo total.

- **Aumento del inventario inicial en el vacío:**

	50%	70%	90%
Tiempo del proceso (Min.)	32,41	32,51	37,64

Tabla Nº 19: Tiempos de descarga-carga en función del inventario inicial de vacío (mediano plazo)

Con la ampliación de las capacidades del almacén, el inventario inicial de vacío es de 36% de ocupación. Se observa que el sistema responde bien bajo grandes incrementos de inventario, es a niveles de 90% donde se comienzan a tener incrementos del tiempo total.

- **Aumento de la llegada de gandolas:**

	10%	20%
Tiempo del proceso (Min.)	33,62	34,40

Tabla Nº 20: Tiempos de descarga-carga en función del aumento en la llegada de gandolas (mediano plazo)

Igualmente se observa en los presentes escenarios que los incrementos en la llegada de camiones, no aumentan los tiempos del proceso de forma importante.

Los detalles de dichos escenarios se encuentran en el anexo Nº 34.

6.3.3.3.2 Selección de la propuesta a mediano plazo

- **3 bahías de descarga con 2 montacarguistas por bahía y 1 extra para toda la zona, zonas delimitadas para el vacío; 8 bahías de carga y 4 montacarguistas.**

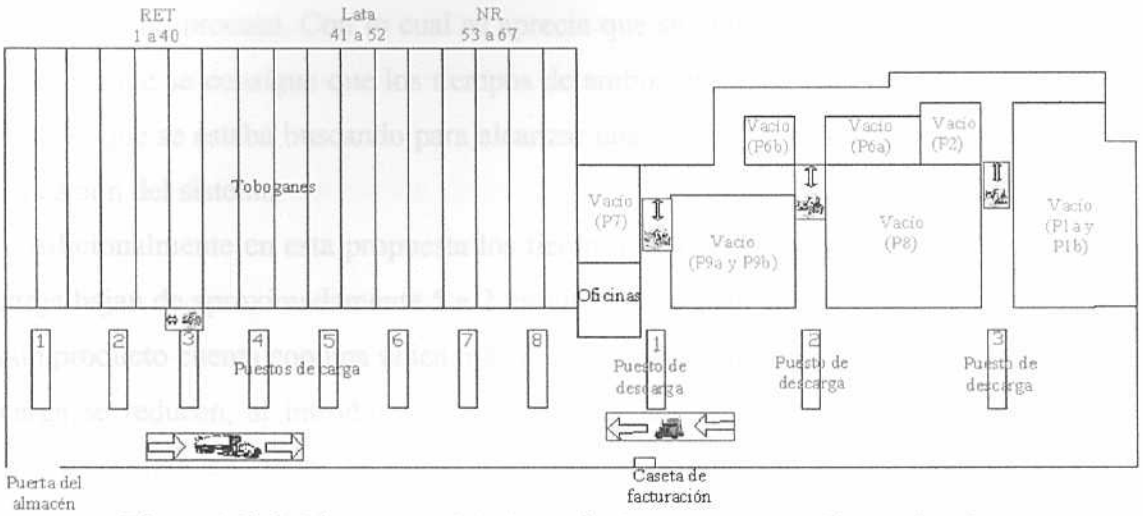

Figura N° 6: Diagrama del almacén (propuesta mediano plazo)

En este escenario se preestablecerán zonas delimitadas en el vacío para cada producto. Dichas zonas se presentan en el anexo N° 35, en base a: la participación de cada producto, la disponibilidad de espacio para cada producto siguiendo una probabilidad de 95,5% de confianza, las bahías en las cuales se descargará cada producto, la ubicación de las despaletizadoras, y las capacidades de cada zona. Adicionalmente estas zonas estarán ubicadas únicamente bajo la parte techada del almacén, no habría la necesidad de tener producto en el exterior.

La definición de las zonas específicas trae como beneficio el orden del almacén, lo cual ayudará a los montacarguistas a tener un más fácil acceso al producto requerido, y en el caso de los supervisores los ayudará a la hora de tener un mejor control y contabilización del inventario de cada producto.

Con dicha propuesta se logra la disminución en el tiempo del proceso de 59,43 a 34,53 minutos. Lo que representa un descenso del 41,90% en el tiempo del proceso de descarga-carga de las gandolas. Así mismo el tiempo desde la entrada a la salida del almacén presenta una reducción de 64,03 a 39,21 minutos.

Bajo esta situación, se tiene que si cada 12,52 minutos sale una gandola de las bahías de descarga, y se cuentan con 3 bahías, en promedio cada 4,17 minutos podría salir un camión del proceso descarga. En cuanto a la carga el proceso se realiza en unos 18,41 minutos y al tener un máximo de 4 bahías, cada 4,6 minutos podría salir un camión de dicho proceso. Con lo cual se aprecia que se logra un muy buen balance del sistema, ya que se consigue que los tiempos de ambos procesos sean muy parecidos, lo cual era lo que se estaba buscando para alcanzar una mejora lo más cercana posible a la optimización del sistema.

Adicionalmente en esta propuesta los tiempos de cola para la espera de las bahías de carga bajan de aproximadamente 5 a 2 minutos, en el peor de los casos, ya que ahora ningún producto cuenta con una única opción de bahía de carga. Igualmente, los tiempos de carga se reducen, al introducir todos los productos en los toboganes, así como al quitar el casillero en frente de estos, logrando la disminución de las trayectorias de recorrido de los montacarguistas.

En cuanto a la cantidad de gandolas que son descargadas en cada bahía, se tiene lo siguiente:

	Bahía 0	Bahía 1	Bahía 2
% de gandolas	23%	34%	44%

Tabla Nº 21: Distribución de las gandolas que son descargada en cada bahía

La utilización, como era de esperarse disminuye considerablemente en las bahías de descarga, llegando en promedio a un 31%, teniéndose grandes diferencias entre las tres. A continuación detalles de la utilización de las bahías y montacarguistas de descarga:

	Bahía 0	Bahía 1	Bahía 2	Extra
Utilización de la bahía de descarga	16%	31%	45%	-
Utilización de los montacarguistas de descarga	19%	27%	45%	45%

Tabla Nº 22: Porcentaje de utilización de los recursos utilizados en la descarga

Como se puede apreciar todos los recursos tienen una buena utilización, no cercana al máximo. En cuanto a la bahía 0, que pareciera ser ineficiente tener dos montacarguistas para la descarga en relación a su utilización, es preferible tener un montacarguista más y no que en dicha bahía el tiempo de descarga aumente considerablemente en relación a las otras dos, y mucho menos esto se puede permitir en las horas picos, donde es que sería mas utilizada esta bahía.

6.3.4 Análisis de reducción de utilización de la flota actual de gandolas de California Sur

Como consecuencia directa de la disminución de los tiempos de atención en el almacén, se tiene una ganancia de tiempo disponible en la flota que sirve al mismo, es por ello que se realizará el análisis siguiente.

Actualmente el almacén cuenta con una flota de 52 gandolas, 20 de las cuales trabajan las 24 horas, y las restantes 32 trabajan 12 horas. Lo cual representa un total de 4.320 horas semanales disponibles de camión.

Trabajando con tiempos promedios, obtenidos del plan de transporte, se puede estimar que el tiempo de recorrido de las gandolas es aproximadamente 2.086 horas semanales, (Anexo N° 36). De igual forma estimando los tiempos promedios de atención en las agencias y en California Sur se requieren de aproximadamente 1.324 horas semanales, (Anexo N° 37). De ello se desprende un total de tiempo promedio de utilización de la flota de 3.410 horas semanales, (Anexo N° 38).

Con esto se visualiza que en la actualidad se está utilizando en promedio el 78,9% del tiempo disponible de la flota. Lo cual es una cifra que representa una buena utilización de dicho recurso, tomando en consideración la aleatoriedad y holgura que se deben tener presentes en el sistema.

Logrando una reducción del tiempo de atención en California Sur a casi la mitad del actual, se logra bajar el tiempo de atención total a 1.091 horas semanales aproximadamente, (Anexo N° 39). Lo cual representa a una reducción del tiempo promedio total de utilización a 3.177 horas semanales, (Anexo N° 40). En promedio la utilización de la flota podría bajar a un 73,5% del tiempo total disponible. Ese 5,4% de

tiempo de flota que se estaría ganando, representa la disminución de aproximadamente 233 horas semanales de camión, lo que a su vez significaría el equivalente aumento en horas disponibles, de dos gandolas semanales a tiempo completo en el sistema.

Es bueno acotar que si adicionalmente se incluyeran reducciones en los tiempos empleados en las agencias involucradas con el almacén de California Sur, el tiempo total de atención podrían bajar otro tanto equivalente a las horas disponibles ganadas en el presente estudio; todo dependería de las oportunidades de reducción en los tiempos de los procesos para cada una de las agencias involucradas con este almacén.

7.1 Costos involucrados en las propuestas

Se presentan los costos actuales y los relacionados con cada propuesta. Los detalles de los siguientes cálculos se encuentran en los anexos indicados.

Costos anuales (Bs.)	Estructura actual	Estructura propuesta corto plazo	Estructura propuesta mediano plazo	Anexos
Total M.O. Montacarguistas	1.326.000.000	1.530.000.000	1.530.000.000	Nº 41
Total Mant. Montacargas	311.950.000	374.340.000	374.340.000	Nº 42
Total Depr. Montacargas	233.920.000	280.704.000	280.704.000	Nº 43
Total Mant. Grúas	50.700.000	50.700.000	50.700.000	Nº 44
Total M.O. Mant. Tob.	68.426.000	68.426.000	77.704.102	Nº 45
Total Mant. Materiales Tob.	255.860.222	255.860.222	294.443.722	Nº 46
Total annual	2.246.856.222	2.560.030.222	2.607.891.824	
% de Aumento en los costos	-	14%	16%	

Tabla Nº 23: Costos anuales de operación

Costos de Instalación (Bs.)	Estructura actual	Estructura propuesta corto plazo	Estructura propuesta mediano plazo	Anexos
Total M.O. Instalación	0	0	273.153.846	Nº 47
Total Instalación Toboganes	0	0	8.060.922.883	Nº 48
Total desintalac. Estruc.	0	0	0	Nº 49
Total	0	0	8.334.076.729	

Tabla Nº 24: Costos de inversión en los toboganes

Analizando los costos que se incurren en los toboganes actuales en comparación a los propuestos, como lo son: la rotura de producto debido a los toboganes, así como la diferencia de paletas requeridas en cada caso; no se consideró que la variación en el costo total, tenga mayor influencia en el análisis comparativo, (Anexo Nº 50).

En el presente análisis económico se trabajó a precio constante ya que, como se sabe sería muy difícil tratar de predecir la inflación para los próximos 20 años, conociendo el comportamiento tan variable y dependiente de muchos factores, que ha venido teniendo nuestro país desde los años 80, (Anexo Nº 51).

Observando los costos de operación de la propuesta a corto plazo, la cual contempla la introducción de dos montacargas en la descarga, se aprecia que para la

reducción del tiempo del proceso descarga-carga de 59,43 a 43,93 minutos, existe un incremento de un 14% en los costos involucrados, o sea en 313.174.000 de bolívares.

En relación a la propuesta de mediano plazo, la cual incluye la previa sustitución de los toboganes actuales, con la cual se logra una reducción en el tiempo del proceso de descarga-carga a 34,53 minutos; los costos en relación a la situación actual aumentan en un 16%, mientras que en relación a la propuesta de corto plazo en un 2%, ya que se mantienen los mismos recursos y se aumentan los costos de mantenimiento totales de los toboganes. Si bien los costos totales anuales de mantenimiento de los toboganes en el escenario de mediano plazo aumentarían en comparación a los actuales en un 15% (debido a que de 118 toboganes se pasaría a tener 201), el costo por tobogán se reduciría a un 67% del costo actual.

Como se apreció durante el presente estudio, las posibilidades de mejora existentes en el almacén son muy limitadas, ya que durante muchos años se ha adecuado el uso del sistema y sus recursos a las necesidades de la empresa. En esta situación es difícil conseguir cambios significativamente beneficiosos, más aún teniendo en cuenta las limitaciones que el mismo presenta en cuanto a su capacidad.

Observando el análisis anterior, se concluye que la mayoría de los problemas existentes actualmente en el almacén, conducen a una causa raíz, la falta de espacio físico del almacén. Solo solucionando esto se resolverían la mayoría de los problemas estudiados.

Se presentan dos propuestas. La primera, a corto plazo, como una solución temporal a los problemas de los elevados tiempos del proceso y la segunda, como la solución a la mayoría de los problemas existentes actualmente. Con la aplicación de ellas se lograrían disminuir muy significativamente las mayores restricciones en el proceso de descarga, que traían consigo elevados tiempos en las colas a la espera de dicho proceso.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las disminuciones de los tiempos para cada escenario, así como los porcentajes de reducción de los mismos en comparación a la situación actual.

Tiempos (Min.)	Situación actual	Propuesta a corto plazo	Propuesta a mediano plazo
Cola 1	5,54	1,09	0,25
Cola 2	11,18	5,59	3,54
Descarga	22,68	16,54	12,52
Carga	19,69	19,97	18,41
Total	**59,43**	**43,93**	**34,53**
% Reducción	**-**	**26,1%**	**41,9%**

Tabla N° 25: Resumen comparativo de las reducciones de los tiempos del proceso descarga-carga entre la situación actual y las propuestas

A corto plazo se propone:

- Introducir dos montacarguistas en la zona de descarga.
- Modificar la forma de descargar las gandolas.

Logrando con ello:

✓ Disminuir el tiempo de descarga y así reducir de manera significativa el tiempo de atención. Sin embargo aumentando el inventario inicial o el número de viajes, el almacén continúa colapsando por falta de espacio para descargar el vacío. Con estas mejoras se estaría consiguiendo una disminución del tiempo de atención, mas no se estaría aumentando la cantidad de gandolas que puede atender por día el almacén. En este caso, el proceso de atención sería mas eficaz, pero sin lograr incrementos en la capacidad del almacén.

A mediano plazo se propone:

- La introducción de una nueva estructura dinámica
- Habilitar una nueva bahía de descarga

Logrando con ello:

✓ Proporcionarle a los trabajadores involucrados, la seguridad que los mismos merecen.

✓ La mejor utilización del espacio existente, al incrementar la capacidad física en la misma área.

✓ La reducción del tiempo total del proceso, con un muy buen balance entre los tiempos de los procesos de descarga y carga, disminuyendo a su vez de manera significativa los tiempos de espera en las colas.

✓ La eliminación del tiempo de espera de las gandolas durante la descarga por falta de espacio para colocar el vacío, bajo condiciones promedio de operación y de inventario, lo cual hace que los tiempos de descarga disminuyan. Esto no se podía lograr en la propuesta de corto plazo, ya que por falta de espacio en los toboganes actuales, había la necesidad de colocar todos los productos de las presentaciones de NR y latas en el piso, limitando el espacio de la zona de vacío.

- ✓ La reducción de los viajes de las gandolas en plancha para lograr un descongestionamiento del almacén. No obstante se está consciente que se requiere la utilización en ciertas ocasiones de estos, ya que el porcentaje de productos de NR y Lata que se despacha, no tienen vacío que retornar. Sin embargo se estaría limitando la aplicación de estas medidas, solo en tales circunstancias y no por problemas de capacidad del almacén para recibir vacío.
- ✓ La disminución en la utilización de la flota, pudiendo realizar mas viajes con la misma flota, o atendiendo mas gandolas con los mismos recursos del almacén.
- ✓ El aumento de la capacidad del almacén, tanto en el proceso de distribución, como en el de almacenamiento; lo cual es uno de los principales intereses de la empresa. Porque si bien la reducción del tiempo del proceso es importante a la hora de conseguir una disminución en la utilización de la flota, si esta ganancia no es aprovechada para realizar mas viajes con la misma flota o atender mas gandolas con los mismos recursos del almacén; se estarían beneficiando a las empresas transportistas, pero no de manera significativa a Empresas Polar.
- ✓ La uniformidad de las paletas de todas las agencias y plantas del país, al eliminar las de ángulos metálicos; debido a que para los toboganes propuestos no haría falta contar con éstas. Si bien, la reducción de los costos no es económicamente significativa; técnica y logísticamente dicho logro, si se considera un beneficio importante.
- ✓ La disminución de los problemas de paradas en las líneas de producción por problemas logísticos, debidos a la falta de espacio en los toboganes y a la falta de vacío para producir.
- ✓ La reducción en la alteración de los planes de transporte; debido a la no disponibilidad de los productos requeridos, a la falta de espacio físico, o a los problemas de retraso en la llegada de las gandolas al almacén; al contar con una producción mas eficiente, con capacidades de almacenaje de inventario mayores y procesos de atención mas rápidos.
- ✓ Gracias al incremento de espacio en el almacén, tener la capacidad de poder ayudar a las agencias con las que trabaja éste, en cuanto a la recepción del vacío que por

falta de espacio físico no sea posible mantener en las mismas. Teniendo así un incremento en la capacidad física de manera conjunta entre el almacén y sus agencias; ya que muchas de éstas tienen también problemas de espacio.

- ✓ Que el almacén sea capaz de soportar un incremento de 30% en el número de gandolas procesadas al día sin tiempos muertos en la descarga y manteniéndose el tiempo propuesto del proceso descarga-carga. Esto se podría llevar a cabo siempre y cuando la producción pueda ajustarse en la misma proporción, para satisfacer la existencia del producto lleno.

Si bien el costo de instalación de la nueva estructura representa una cifra elevada en bolívares, dicha inversión se puede justificar por todos los beneficios expuestos. Es por ello que tomando en cuenta todos los beneficios y soluciones de problemas que trae consigo la aplicación de esta medida, se recomienda la implementación de la presente propuesta.

Así mismo, se sabe que mas temprano que tarde, la sustitución de la actual estructura dinámica, será una acción que deberá ser tomada; tanto por la antigüedad de la estructura, como por la necesidad inminente del crecimiento del almacén. Ya que por la zona donde se encuentra ubicado el mismo y por ser un terreno de mínimas posibilidades de expansión, el ganar espacio dentro de los mismos metros cuadrados de terreno es considerado de vital importancia.

Libros:

- ADAM, Everett - ELBERT, Ronald. "Administracion de la produccion y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento". Prentice Hall. México, 1991, 4° Edición.
- BLANK, Leland – TARQUIN Anthony. "Ingeniería Económica". Mc Graw Hill. Colombia, 1999, 4° Edición.
- CHASE, Richard - AQUILANO, Nicholas – JACOBS, Robert. "Administración de producción y operaciones, manufactura y servicios". Mc Graw Hill. Colombia, 2003, 8° Edición.
- DEGARMO, Paul. "Ingeniería Económica". Prentice Hall. México,1998, 10° Edición.
- DÍAZ, Rafael. "Guía simula 0". Caracas.
- GUTIÉRREZ, Luís. "Guía, cadena de suministros". Caracas.
- MONTGOMERY, Douglas – RUNGER, George. "Probabilidad y estadística, aplicadas a la ingeniería". Mc Graw Hill. México, 2003, 1° Edición.
- NIEBEL, Benjamín – FREIVALDS, Andris. "Ingeniería Industrial". Editorial Alfaomega. México, 2001, 10° Edición.
- PÉREZ, César. "Guía de simulación, conceptos 1". Caracas.
- PÉREZ, César. "Guía de simulación, introducción 1". Caracas.
- PÉREZ, César. "Guía de simulación, módulos panel de proceso básico 1". Caracas.
- RENDER, Barry - HEIZER, Jay. "Principios de administración de operaciones" Prentice Hall Hispanoamericana. México, 1996, 1° Edición.
- SULE, Dileep. "Instalaciones de manufactura: ubicación, planeación y diseño". Thomson Learning. México, 2001, 2° Edición.

Páginas Web y referencias electrónicas:

- www.empresas-polar.com
- www.bcv.org.ve
- www.interroll.com
- www.interlake.com.mx
- www.uniplast.com.ve
- www.maderplast.com
- http://www.movilsat.net/index_prensa.htm
- http://www.improven.com/Documentos/SolucionLogistica.aspx?ind=227&sec=21
- http://www.arenasimulation.com/products/professional_edition.asp
- http://www.aditec-ingenieros.com/arena1.html
- http://www.mimesis-soluciones.com/gpage.html
- http://webdia.cem.itesm.mx/ac/alvarez/CVIO/PARTI/sesc1t4.html
- http://domino.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/10a4bb429805d80645256d5c003ed9c0/$FILE/_k8gmj0chp411k2ki79t9i0jdlb14kqjqj_.doc
- http://www.tecnun.es/Asignaturas/Estad_industrial/ManualdeMinitab.pdf
- http://www.minitab.com/spanish/Tour/Default.aspx?page=22
- http://www.fedem.org/revista/n7/estadistica.html
- http://www.aiteco.com/grafcont.htm