

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Disminución del tiempo de preparación de órdenes para
despacho de un centro nacional de distribución de productos de
consumo masivo”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Proyecto Integrador

Previo a la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Alvaro José Freile Pazmiño

Jenny Pilar Gutiérrez López

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres, a mi hermano y a toda mi familia por su apoyo y motivación. A mis amigos por acompañarme y compartir conmigo este proceso. De manera especial a la Ing. Sofía López por su guía en la realización de este proyecto.

Gracias a todos.

Jenny/Alvaro

DEDICATORIA

A mis padres

A mi hermano

A mi familia

A mis amigos

Jenny/Alvaro

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Sofía López I.
DIRECTOR DEL TFG

Ing. Edwin Desintonio L.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este TFG, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral."

Alvaro José Freile Pazmiño

Jenny Pilar Gutiérrez López

RESUMEN

Este proyecto se evaluó la gestión de almacenamiento de un centro nacional de distribución de productos de consumo masivo, en el cual el tiempo de ciclo del pedido para despacho era elevado. Esta bodega presenta inconvenientes en la actividad de preparación de pedidos; la operación tomaba mucho tiempo en llevarse a cabo y requería de una gran movilización de personas y productos.

La evaluación de la gestión del almacenamiento en este proyecto, por lo tanto tuvo como objetivos: 1) disminuir el tiempo de preparación de pedidos y 2) reducir los costos operativos de la bodega asociados a *picking*.

El proyecto se realizó en dos etapas: 1) análisis de la situación actual y 2) la elaboración de la propuesta de mejora para la zona de *picking*.

La metodología que se utilizó para el estudio de la situación actual se basó en el uso de técnicas para el análisis de causas, como el diagrama Ishikawa y el diagrama de Pareto, luego se elaboró una matriz de priorización de causas y la herramienta de los 5 ¿por qué? para definir la causa principal del problema encontrado. Además, se estudió el proceso de preparación de pedidos por medio de observación en el puesto de trabajo (*gemba*), se revisaron los índices de rotación y cobertura de todos los productos almacenados y se analizó la configuración actual del centro de distribución.

Para elaborar la propuesta de mejora se diseñó un modelo matemático que indicó una nueva configuración – más adecuada – de los SKU's existente dentro de la bodega, considerando las restricciones de los distintos tipos de productos y la técnica de clasificación ABC.

De manera adicional, se realizó un análisis de la zona de reserva de la bodega y se propusieron mejoras también con respecto a la configuración de los SKU's.

Los resultados que se obtuvieron al finalizar este proyecto fueron:

- Configuración adecuada de la zona de *picking*.
- Disminución de los traslados de personal.
- Reducción de los tiempos de preparación de una orden para despacho.
- Reducción de costos operativos asociados a *picking*.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ABREVIATURAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
1. GENERALIDADES	2
1.1. Importancia del problema	2
1.2. Planteamiento del problema	4
1.3. Justificación del problema.....	5
1.4. Objetivos.....	10
1.4.1. Objetivos generales.....	10
1.4.2. Objetivos específicos	10
1.5. Metodología para el desarrollo del proyecto	11
1.6. Estructura del proyecto	12
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. Métodos y herramientas para el análisis de almacenes	15
2.2. Indicadores de manejo de inventarios	47

3.	ANÁLISIS DE LA BODEGA.....	49
3.1.	Descripción general de la empresa	49
3.2.	Descripción de los tipos de pedido	49
3.3.	Administración del personal.....	52
3.4.	Descripción de los procesos del centro nacional de distribución	54
3.5.	Análisis de los procesos de preparación operativa de la orden de despacho.....	61
3.6.	Análisis del <i>Layout</i>	65
3.7.	Análisis de los SKU	71
4.	ANÁLISIS DE CAUSAS Y PROPUESTAS DE MEJORA	79
4.1.	Identificación de las causas de los problemas encontrados	79
4.2.	Diseño y elaboración de las propuestas	98
4.2.1.	Formulación del modelo	98
4.2.2.	Solución del modelo	104
4.2.3.	Propuestas de mejora	105
4.3.	Costos y beneficios esperados	129
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	138
	ANEXOS.....	144
	BIBLIOGRAFÍA.....	177

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CND	Centro Nacional de Distribución
SKU	Stock Keeping Unit
FIFO	First In First Out
FEFO	First in Expired First Out
LIFO	Last In First Out
SMI	Slow Moving Items
I&D	Investigación y Desarrollo
GAMS	General Algebraic Modeling System

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 PRINCIPALES PROBLEMAS DEL CND.....	5
FIGURA 1.2 DIAGRAMA DE PARETO.....	8
FIGURA 1.3 COSTO HORA HOMBRE MENSUAL	9
FIGURA 1.4 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO	11
FIGURA 2.1 DISTRIBUCIÓN EN FORMA DE U	16
FIGURA 2.2 DISTRIBUCIÓN EN LÍNEA RECTA	17
FIGURA 2.3 CLASIFICACIÓN ABC.....	25
FIGURA 3.1 FLUJO DEL PROCESO DE DESPACHO ESTÁNDAR.....	55
FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PREPARACIÓN DE PEDIDOS	56
FIGURA 3.3 CICLO DE PEDIDO DEL CONTENEDOR PRIMARIA	63
FIGURA 3.4 CICLO DE PEDIDO DE CONTENEDOR REGIONAL	63
FIGURA 3.5 CICLO DE PEDIDO DE PRIMARIA 6500.....	64
FIGURA 3.6 CICLO DE PEDIDO DE PREVENTA.....	64
FIGURA 3.7 LAYOUT DEL ALMACÉN.....	66
FIGURA 3.8 RECORRIDO PARA LA PREPARACIÓN DE UN PEDIDO.....	71
FIGURA 4.1 UBICACIÓN DE LOS PALLETS POR NIVELES EN EL RACK	81
FIGURA 4.2 SITUACIÓN ACTUAL DE RESERVA.....	82
FIGURA 4.3 SITUACIÓN ACTUAL DE PICKING	84
FIGURA 4.4 FAMILIAS DE SKU'S EN PICKING	86

FIGURA 4.5 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	88
FIGURA 4.6 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE CAUSAS.....	91
FIGURA 4.7 EJEMPLO DE TRASLADO DEL PERSONAL OPERATIVO	94
FIGURA 4.8 EJEMPLO DE UN ACTUAL DIAGRAMA DE CARGA TARJADO DE LA EMPRESA.....	95
FIGURA 4.9 DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE SKU'S EN EL PICKING	98
FIGURA 4.10 RESULTADOS DE LA DISTRIBUCIÓN PROPUESTA EN PICKING SEGÚN EL MODELO MATEMÁTICO.....	106
FIGURA 4.11 RESULTADOS DE LA DISTRIBUCIÓN PROPUESTA EN RESERVA.....	108
FIGURA 4.12 LAYOUT PROPUESTO DE LA ZONA DE RESERVA	110

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 PRINCIPALES PROBLEMAS DEL CND.....	5
TABLA 2 HORAS HOMBRE MENSUALES POR ACTIVIDAD	7
TABLA 3 DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL EN LOS TURNOS	52
TABLA 4 DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS EN UN TURNO DE TRABAJO	53
TABLA 5 DESCRIPCIÓN DE LOS COLORES DE LAS DEMANDAS DE LOS SKU EN RESERVA.	82
TABLA 6 DESCRIPCIÓN DE LOS COLORES DE LAS DEMANDAS DE LOS SKU EN PICKING.....	84
TABLA 7 LOS 5 ¿POR QUÉ?.....	96
TABLA 8 GENERACIÓN DE SOLUCIONES POR CADA CAUSA	97
TABLA 9 DESCRIPCIÓN DE LOS COLORES DE LA DEMANDA.....	108
TABLA 10 DESCRIPCIÓN DE LOS COLORES DE LAS DEMANDAS DE LOS SKU EN RESERVA	110
TABLA 11 VARIACIÓN DE RECORRIDOS EN RESERVA.....	114
TABLA 12 VARIACIÓN DE RECORRIDOS HACIA CADA UNA DE LAS PUERTAS.....	116
TABLA 13 RESULTADOS DE LOS RECORRIDOS MENSUALES ORIGINAL VS PROPUESTA.....	116

TABLA 14 DISTANCIAS Y TIEMPOS EMPLEADOS PARA LA PREPARACIÓN DE UN PEDIDO DE PRIMARIA 6500.....	120
TABLA 15 DISTANCIAS Y TIEMPOS REQUERIDOS PARA LA PREPARACIÓN DE UN PEDIDO DE PREVENTA.....	121
TABLA 16 DISTANCIAS Y TIEMPOS REQUERIDOS PARA LA PREPARACIÓN DE UN PEDIDO DE CONTENEDOR PRIMARIA	122
TABLA 17 TIEMPOS ORIGINAL VS PROPUESTA PARA PEDIDO 6500 .	127
TABLA 18 TIEMPOS ORIGINAL VS. PROPUESTA PARA PEDIDO DE PREVENTA.....	127
TABLA 19 TIEMPOS ORIGINAL VS PROPUESTA PARA PEDIDO DE CONTENEDOR	128
TABLA 20 AHORRO DE TIEMPO POR PEDIDO DIARIO	129
TABLA 21 MEJORAS ESPERADAS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO	133
TABLA 22 BENEFICIOS MONETARIOS ESPERADOS.....	134
TABLA 23 DISTRIBUCIÓN DE CARGOS DE HORAS EXTRAS POR TURNO	134
TABLA 24 ANÁLISIS SALARIAL	135
TABLA 25 TIEMPOS POR PEDIDO DIARIO EN FIN DE MES	135
TABLA 26 AHORROS MENSUALES ESPERADOS POR HORAS EXTRAS	136
TABLA 27 ANÁLISIS DE COSTOS DE HORAS EXTRAS MENSUAL	137

TABLA 28 SALARIOS MENSUALES PROMEDIO DEL 2013	144
TABLA 29 ANÁLISIS ABC PARA RESERVA	145
TABLA 30 ANÁLISIS ABC PARA PICKING.....	147
TABLA 31 MATRIZ DE INCOMPATIBILIDADES.....	149
TABLA 32 RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA VARIABLE x_{jki}	153
TABLA 33 RATIO RECEPCIÓN/DESPACHOS.....	155
TABLA 34DISTANCIAS ENTRE POSICIONES Y PUERTAS.....	157
TABLA 35 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESCENARIO 1	170
TABLA 36 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESCENARIO 2	172
TABLA 37 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESCENARIO 3	174

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este proyecto abarca principalmente lo siguiente:

En el Capítulo 1 se describe el problema y la justificación para su estudio.

Además se plantean los objetivos y la metodología a seguir.

En el Capítulo 2 se explican los fundamentos básicos de almacenes y los indicadores de rotación y cobertura.

El Capítulo 3 abarca un análisis de la configuración actual de los productos así también como la clasificación ABC y las actividades de preparación de los pedidos para despacho.

Con estos antecedentes, en el Capítulo 4 se analizan las causas y se encuentra la causa raíz del problema para la cual se busca una solución. Se plantea la reubicación de los SKU's en la bodega mediante el desarrollo de un modelo matemático.

Finalmente, el Capítulo 5 muestra las conclusiones y recomendaciones de la propuesta descrita en el proyecto.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Importancia del problema

En la actualidad, en un mundo cada vez más competitivo, las empresas buscan aumentar las ventas y reducir sus costos de operación para así poder incrementar su rentabilidad. Este trabajo se enfoca en mejorar la preparación de los pedidos para despacho de producto terminado, puesto que es una actividad importante en lo que respecta a Cadena de Suministro – Distribución.

El flujo que se maneja en la cadena de suministro está exclusivamente relacionado con la logística, ya que esta cadena dirige al producto por cada una de sus etapas logrando que se efectúen eficientemente y garanticen la integridad del producto y del servicio que se ofrece al cliente (10).

Dentro de la cadena de suministro se tiene la etapa de almacenamiento, que no es considerada como una de las actividades que agrega valor, pero, incluye la actividad de preparación de pedidos para el despacho de producto terminado, la cual requiere de una gran cantidad de recurso humano por lo que es considerada una de las más críticas (1). En el desarrollo de este trabajo se demostrará que es la actividad que mayor tiempo toma en realizarse.

Principalmente, se consideran dos aspectos para conseguir una efectiva gestión de almacenes: una adecuada administración del inventario y una adecuada ubicación de los productos en la bodega, de esta manera se reducen los costos de operación y almacenamiento y al mismo tiempo garantiza la satisfacción del servicio brindado al cliente (4).

Al reducir los tiempos de preparación de los pedidos se mejora el *lead time* de las órdenes para despacho, dado que los requerimientos podrían ser cumplidos en un menor tiempo, lo cual crea una ventaja competitiva frente a los demás.

1.2. Planteamiento del problema

El problema principal del departamento es que se tiene un tiempo elevado en la preparación de los pedidos, tal como se muestra en la Figura 1.1.

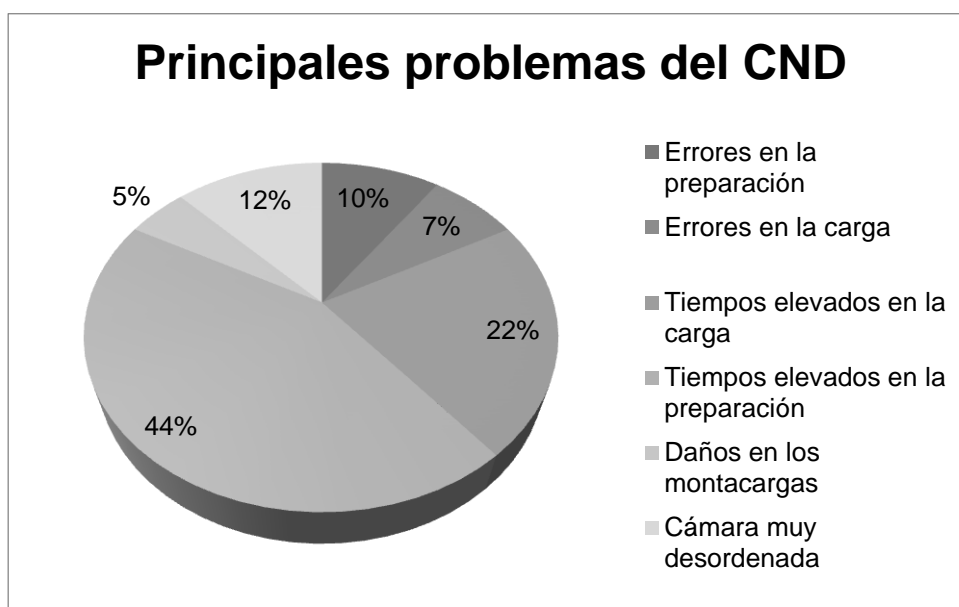
Para determinar el problema principal que existe en el centro nacional de distribución de la empresa en estudio se llevó a cabo una lluvia de ideas con el personal del departamento con el fin de definir todos los inconvenientes que se tienen al momento de realizar las actividades del CND.

La lluvia de ideas se realizó en tres sesiones, una por cada turno de trabajo. Luego de las tres sesiones se obtuvo una lista con 6 problemas principales según el personal.

Con este listado se procedió a realizar pequeñas entrevistas a cada colaborador en donde se solicitaba que seleccionaran el problema de la lista que consideraran más relevante. Estas entrevistas se realizaron en cada uno de los turnos pero en esta ocasión de manera individual. En total se entrevistaron a 41 personas entre personal administrativo y operativo. Los resultados de las entrevistas se muestran en la Tabla 1.

TABLA 1 PRINCIPALES PROBLEMAS DEL CND.

	Principales problemas del CND
Errores en la preparación	4
Errores en la carga	3
Tiempos elevados en la carga	9
Tiempos elevados en la preparación	18
Daños en los montacargas	2
Cámara muy desordenada	5
Total	41

**FIGURA 1.1 PRINCIPALES PROBLEMAS DEL CND**

1.3. Justificación del problema

El problema que se tuvo como resultado al realizar la lluvia de ideas y las entrevistas fue el tiempo elevado en la preparación de pedidos en la bodega. Se justifica por medio de un Pareto en términos de horas-

hombre y costos por hora-hombre, donde se observa que la actividad de preparación de pedidos es la que mayor cantidad de horas-hombres requiere y además es la segunda actividad más costosa que se realiza en la bodega.

Aunque el 44% del personal coincidió en que dicho problema es relevante, se realizó un diagrama de Pareto para determinar si efectivamente es una actividad que representa un porcentaje alto de labor, y por lo tanto, debe ser considerada para análisis en este estudio.

Para ello, se realiza una recopilación de las horas-hombre mensuales para las distintas actividades que se efectúan dentro de la bodega, y se muestra en la Tabla 2:

TABLA 2 HORAS HOMBRE MENSUALES POR ACTIVIDAD

Mensual Horas hombre					
Actividades de la bodega	Adm	Total operativo	Total	Ratio	Acum
Preparación operativa del pedido	0	1.105	1.105	36%	36%
Carga del pedido	0	1.042	1.042	34%	70%
Recepción de producción	60	750	810	24%	95%
Inventario cíclico	24	84	108	3%	97%
Resane de producto	0	42	42	1%	99%
Devolución de rechazos al picking	0	42	42	1%	100%
Procesamiento administrativo del pedido	181	0	181	0%	100%

Al realizar el diagrama de Pareto se demuestra que el 70% del tiempo está ocupado en las actividades de: preparación operativa del pedido y carga del pedido. Es así que, este trabajo se enfocará en analizar la actividad de preparación operativa del pedido.

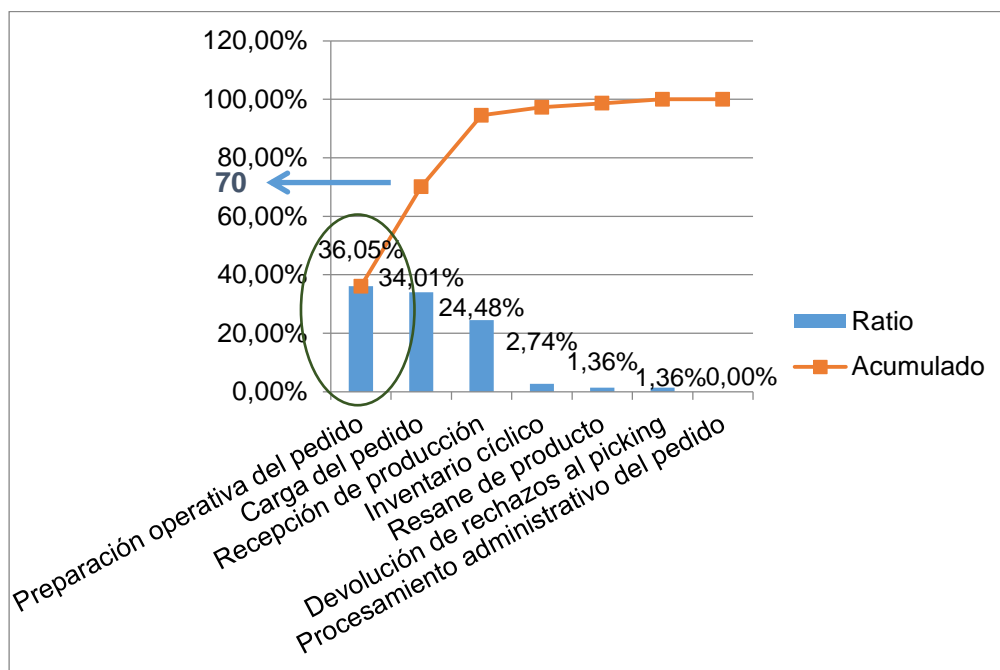


FIGURA 1. 2 DIAGRAMA DE PARETO

Por otro lado, esta actividad también es una de las más costosas que tiene el departamento, lo cual se sustenta mediante un análisis de costos mensuales, y se tienen los siguientes datos por hora hombre:

- Montacarguista: \$2,27
- Camarero: \$1,88
- Despachador: \$2,35
- Administrativo: \$3,24

Los costos mensuales por actividades se muestran en la Figura 1.3, donde se puede observar que la preparación operativa del pedido

junto con la carga del pedido son las más representativas en términos monetarios.

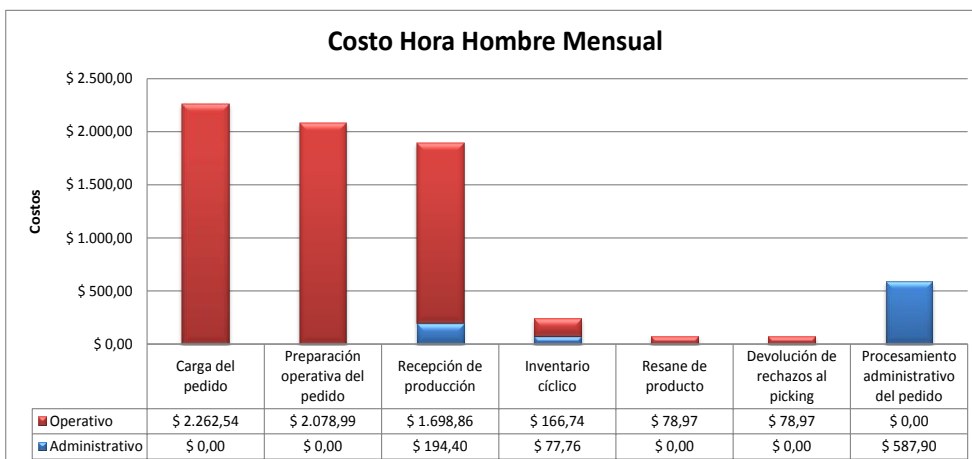


FIGURA 1.3 COSTO HORA HOMBRE MENSUAL

Por otro lado, las actividades que se consideran para cumplir el ciclo de un pedido son básicamente tres: procesamiento administrativo del pedido (incluye facturación), preparación operativa y carga del pedido. Existen cuatro tipos de pedidos posibles en la bodega según el tamaño del camión y su recorrido, lo cuales se enlistan a continuación:

- 1) Contenedor Primaria
- 2) Contenedor Regional
- 3) Primaria 6500
- 4) Preventa

En el Capítulo 3 se presentará el detalle de los distintos escenarios en los que ocurren los pedidos en el centro nacional de distribución.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivos generales

Disminuir los tiempos de preparación de pedidos en un centro nacional de distribución de productos de consumo masivo detectando los principales problemas de distribución de los SKU's dentro de la bodega.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del centro nacional de distribución y definir las causas principales a mejorar.
- Analizar los indicadores de rotación y cobertura para un adecuado control de gestión de abastecimiento y aprovechamiento de espacios en la bodega.
- Determinar la correcta configuración de los SKU's en la bodega que permita atender las órdenes de despacho de una manera más adecuada, mediante el desarrollo de un *layout* eficiente.

- Disminuir los costos operativos de la bodega mediante el análisis de movilización de personas y productos para mejorar la utilización de recursos.

1.5. Metodología para el desarrollo del proyecto

La metodología a seguir se describe en la Figura 1.4 que se presenta a continuación:

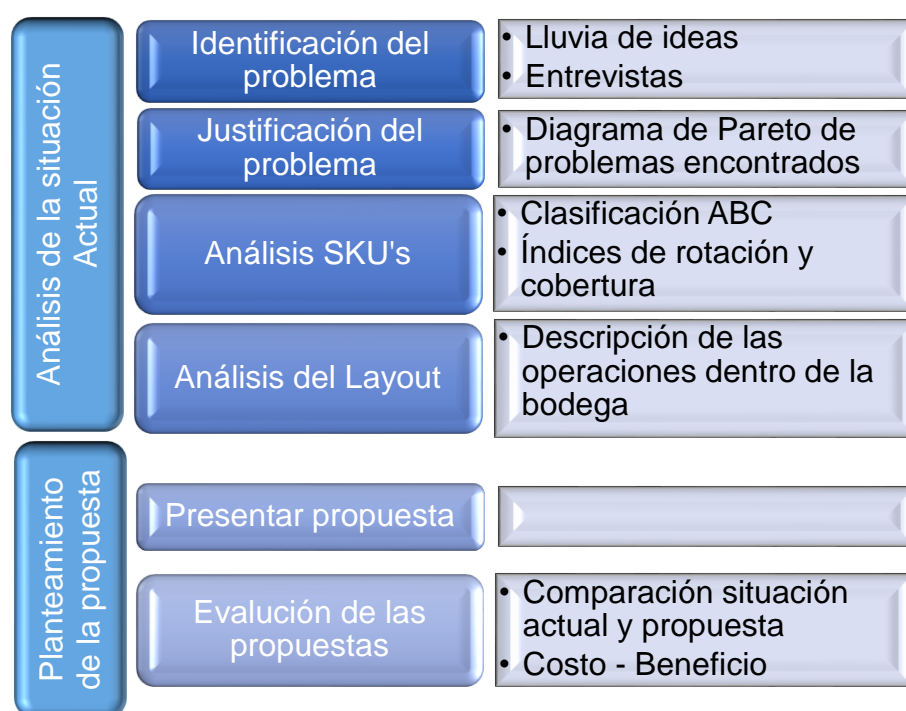


FIGURA 1.4 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Para llevar a cabo este trabajo, se inicia con una lluvia de ideas con el personal del CND para determinar los problemas más representativos, luego por medio de entrevistas y observación de los

procesos, se determina el problema principal que va a ser analizado. Después, se justifica el problema por medio de un Pareto. Luego, a través de un análisis de los SKU's se revisan los indicadores de inventarios como son la cobertura y rotación, junto con la clasificación ABC, de tal manera que se pueda realizar un diagnóstico acertado de la situación actual.

Además, se realiza un estudio de la distribución de los *racks*, productos y pasillos dentro de la bodega, de esta manera se analizan los recorridos y movimientos de operadores para la preparación de los pedidos.

Se plantea la solución al problema y se demuestran los beneficios operativos y monetarios que se tendrían en el proceso de preparación de pedidos en caso de implementar la propuesta.

1.6. Estructura del proyecto

Capítulo 1: Generalidades

En esta sección se presenta el tema que se tratará en el proyecto, se expone el problema y los objetivos que se esperan alcanzar al término del trabajo así también como la metodología que se empleará para su desarrollo.

Capítulo 2: Marco teórico

En este capítulo se explican los conceptos básicos de gestión de almacenes e indicadores de manejo de inventarios, en los cuales se fundamentará el proyecto propuesto.

Capítulo 3: Análisis de la Bodega

Aquí se describe de manera general el centro nacional de distribución en estudio, sus procesos y actividades principales. Además se emplean técnicas para analizar de manera cuantitativa y cualitativa los problemas encontrados previamente.

Capítulo 4: Análisis de causas y propuestas de mejora

En este capítulo se presentan las soluciones encontradas para los problemas analizados en el Capítulo 3, para lo cual se emplean técnicas que ilustren la situación antes y después de tal manera que se permita realizar un análisis comparativo y posteriormente mostrar el impacto que tendrían las propuestas luego de ser implementadas.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

Esta es la última sección del proyecto, en ella se presentan los resultados obtenidos en este estudio a partir de los objetivos planteados al inicio. Además, se indican pautas que se deben seguir

para lograr que las propuestas planteadas sean efectivas, así también como recomendaciones generales para cualquier industria que desee replicar el análisis realizado en este trabajo.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Métodos y herramientas para el análisis de almacenes

Layout del almacén

El *layout* del almacén básicamente describe la distribución física dentro de la bodega e indica el flujo que siguen los materiales dentro de ella. Cuando se habla de *layout* se debe tener en cuenta: 1) el producto que se está almacenando, 2) la unidad de carga que se maneja y 3) las estanterías de almacenamientos (1).

Cabe mencionar que cada *layout* es distinto dependiendo del tipo de negocio en que se centre la empresa, por lo tanto, no existe un óptimo general. De acuerdo a la distribución del *layout* se identifica el flujo de materiales de la bodega. Existen modelos para organizar el flujo de materiales dentro de un almacén. Fraxelle (2007) propone dos modelos de *layout*, que se presentan a continuación (5):

1) Distribución en forma de U

Esta configuración, además de hacer énfasis en el ciclo de almacenamiento, del cual se hablará más adelante, ofrece una gran flexibilidad por tener los muelles de despacho y recepción adyacentes de esta manera se logra una mejor utilización del espacio según se lo requiera, también permite aprovechar de mejor manera los equipos de manipulación y el uso adecuado de la herramienta clasificación ABC en la zona de almacenamiento (1).

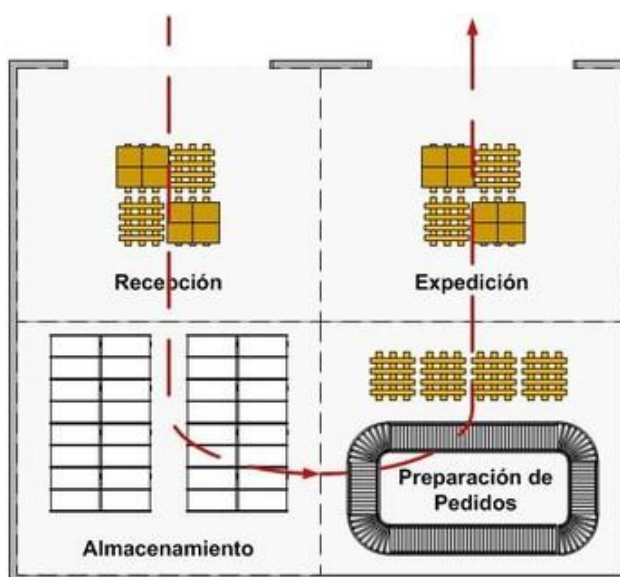


FIGURA 2.1 DISTRIBUCIÓN EN FORMA DE U

Elaborado por: Bryan Salazar López

2) Distribución en línea recta

Es muy común usarla cuando las grandes cantidades de recepción y despacho coinciden en tiempo, por lo cual se necesita establecer estas secciones por separados. Esta configuración es usada además cuando se desea una especialización de muelles, puede ser por recibir productos en grandes cantidades o productos de gran tamaño, este flujo se ajusta a esas condiciones. Sin embargo en este caso la implementación de una clasificación ABC no tiene sentido dado que de igual manera para realizar la preparación de pedidos se tuvo que recorrer todo el almacén por lo que la optimización de recorridos no es visible (1).

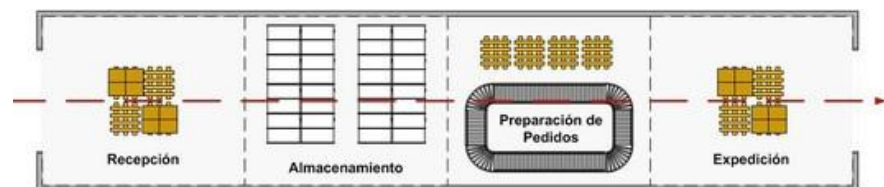


FIGURA 2.2 DISTRIBUCIÓN EN LÍNEA RECTA

Elaborado por: Bryan Salazar López

Ciclo de almacenamiento

El ciclo de almacenamiento de los productos está conformado por las siguientes etapas:

1) Recepción de productos

Dentro de un almacén, la recepción de producto es una de las actividades esenciales puesto que es la que provee de los materiales que posteriormente serán despachados; para este proceso, al momento de ser entregada la mercadería, tanto el receptor como el despachador deben de tener registros que detallen las cantidades y descripciones de los productos, para que así se tenga total transparencia al momento de realizar este proceso.

2) Almacenamiento

Una vez realizada la recepción de los productos, se procede a almacenarlos siguiendo la política que se tenga, ya sea FIFO (*First In First Out*), FEFO (*First in Expired First Out*), LIFO (*Last In First Out*), etc. A partir de la política de almacenamiento que se tenga, se procede a colocar los productos en las ubicaciones determinadas en el almacén. Para esta actividad se podría tener varias estrategias de almacenamiento, como lo es la clasificación ABC que ayuda a que la bodega sea más eficiente en su almacenamiento.

3) Preparación de pedidos

La preparación de los pedidos es la actividad que se desarrolla en los centros de distribución, en la cual se selecciona los productos que solicita el cliente, para luego consolidarlos y finalmente embarcarlos en el camión para su respectivo despacho, con el fin de entregar los productos en las cantidades que el cliente requiere.

El objetivo que tiene esta etapa es preparar los productos específicos en las cantidades indicadas cumpliendo con la calidad requerida por el cliente, en el tiempo solicitado y al menor costo posible.

La actividad de preparación de los pedidos afecta en una gran proporción la productividad de las operaciones logísticas y además es una de las más costosas. Esta operación puede llegar a ser el cuello de botella, dado que implica el movimiento de los trabajadores hacia el lugar donde se encuentra el producto, la extracción del producto, movilización hacia el lugar en donde se está consolidando el pedido, para luego embalarlo para que este permanezca seguro durante el viaje, y en el caso de que se haya

cometido algún error en la preparación, se debe de retornar el producto a la posición original y conseguir el adecuado (11).

4) Despacho

Este último proceso del ciclo de almacenamiento trata de la entrega del producto al cliente. En esta operación se debe asegurar que se entregue lo solicitado en cantidades adecuadas y buena calidad. Además, al momento de despachar se asegura que se cumpla con la política de despacho (FIFO, LIFO, FEFO, etc.). Es conveniente que exista un ente especializado en esta labor, para que así este sea el encargado de auditar la carga de los camiones y se haga completamente responsable de que se envíe correctamente el pedido.

Estrategia de almacenamiento

La estrategia de almacenamiento es la decisión de la cantidad de producto que se va a asignar a las ubicaciones disponibles en el almacén (9). Estas pueden ser de tres tipos:

- Almacenamiento específico.- los productos son ubicados en locaciones fijas.
- Almacenamiento aleatorio.- Los productos son ubicados en distintas ubicaciones según la disponibilidad de espacio en el almacén.
- Almacenamiento basado en la clase.- Los productos son ubicados en zonas específicas de la bodega.

Para maximizar el rendimiento de una bodega cuando se utiliza un almacenamiento específico, se recomienda asignar las posiciones a los SKU's de acuerdo a su actividad, es decir, aquellos SKU's con un alto *ranking* se ubicaran en las posiciones de preferencia por considerarse productos con movimiento elevado, mientras que los SKU's con un bajo *ranking* se ubicaran en las posiciones menos privilegiadas dado su lento movimiento.

Sin embargo, este rendimiento en los almacenamientos específicos no resulta como se espera en ciertas ocasiones, debido a que requiere de mayor información, administración y análisis para alcanzar los beneficios deseados con la ubicación

de los SKU's, además si los SKU's varían significativamente se debe realizar una reubicación para alcanzar buenos resultados. Por otro lado, cuando el número de SKU's es elevado, se recomienda realizar un almacenamiento basado en la clase, considerando un almacenamiento aleatorio dentro de cada clase, de esta manera se obtienen los beneficios de rendimiento de un almacenamiento específico y los beneficios de espacio de un almacenamiento aleatorio (14).

De la mano de estas estrategias de almacenamiento, se tienen otras opciones que ayudan a mejorar el desempeño del almacén exclusivamente para la operación de preparación de pedidos. Por ejemplo, se puede realizar una división del almacén en dos sectores: 1) área de reserva y 2) área de *picking*; donde la primera será considerada como el almacén general donde se mantendrán todas las existencias en grandes cantidades, mientras que la segunda es aquella en la que se almacenarán pequeñas cantidades de todos los SKU's para realizar el *picking* de una manera más rápida y eficiente. La función de la zona de *picking* es minimizar los recorridos y por ende los tiempos ya que en un sector estará concentrada la orden de pedido. Es importante tomar las correctas decisiones

en cuanto a espacio asignado y SKU's distribuidos para cada una de estas áreas (9).

Clasificación ABC

La clasificación ABC de los productos, o también conocida como Ley de Pareto permite clasificar los productos según su grado de importancia, de esta manera a aquellos artículos que tienen un nivel de importancia mayor se les dedicará un mayor control mientras que con los otros se puede ser menos riguroso.

Esta ley de Pareto puede tener distintas interpretaciones dependiendo de los datos que se utilicen para realizar el análisis. Es así que puede significar que unos pocos artículos (1):

- a) Representan la mayor parte del inventario
- b) Son los que tienen mayor consumo o movimiento
- c) Ocupan un mayor espacio de almacenamiento

Típicamente la clasificación ABC se realiza en función de las ventas, por lo que el resultado de esta herramienta sería interpretado como: el 80% de las ventas está concentrado en el 20% de los productos (10).

Esta técnica clasifica a los productos en tres categorías para su análisis; los artículos que entran en la categoría A son aquellos que representan el mayor porcentaje de ventas aproximadamente entre un 60% y 75% y representan hasta un 20% de los productos almacenados, por otro lado los productos B son aquellos de mediana demanda, entre 15% y 40% y contiene entre 20% y 40% de los artículos del almacén; finalmente los productos C son aquellos que menos demandan presentan, entre un 5% y 10% pero engloba entre un 40% y 50% de los artículos almacenados. (7)

Para realizar este análisis el primer paso es decidir cuál es la variable con la que se va a trabajar. Una vez enlistados los SKU's con su respectivos datos de interés, se ordena la base y se calculan los porcentajes y sus acumulados para proceder a categorizar los productos y establecer criterios de gestión (7).

Los resultados de este estudio se suelen presentar de dos maneras, en forma de tabla donde se enlistan los SKU's o como gráfico que se ilustra a continuación.

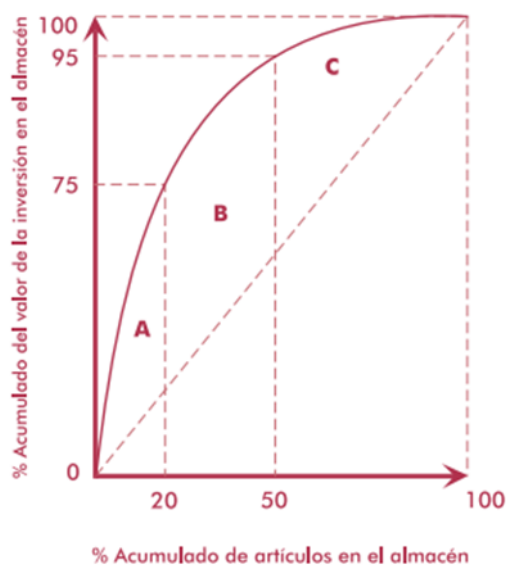


FIGURA 2.3 CLASIFICACIÓN ABC

Elaborado por: Fuentes Innovación y Cualificación

Principios para la localización de materiales en un almacén

Popularidad

Según la ley de Pareto, el 85% de la rotación de existencias está contenido en el 15% de los materiales almacenados. Este principio tiene como objetivo maximizar el rendimiento de los ítems más populares de tal manera que se minimice las distancias recorridas. Se recomienda para estos productos “populares”, almacenamientos de triple o doble profundidad para este propósito. Según los movimientos que tengan los productos, Tompkins (2010) sugiere realizar estas consideraciones para determinar su ubicación (14):

- Si los materiales entran y salen del área de almacenamiento por diferentes lugares y son recibidos y despachados en las mismas cantidades, entonces los ítems más populares deben ser ubicados a lo largo de la ruta más directa entre los puntos de entrada y salida.
- Si los materiales entran y salen del almacén desde diferentes puntos y son recibidos y despachados en diferentes cantidades, entonces los ítems más populares que tengan el menor ratio recepción/despacho se deben ubicar cerca del punto de despacho a lo largo de la ruta más directa entre la entrada y salida.
- Aquellos *ítems* que tenga el mayor ratio recepción/despacho deben ubicarse cerca del punto de recepción a lo largo de la ruta más directa entre la entrada y salida del almacén.
(El ratio recepción/despacho es la relación de los viajes para recibir producto y los viajes para despachar material)

Semejanza

Aquellos productos que son recibidos y/o despachados juntos deben ser almacenados de igual manera juntos. Por ejemplo, una decisión

de almacenamiento sería clasificar los productos por familias, como puede ser por productos alimenticios y no alimenticios o, más específico como pinturas de interior y pinturas de exterior, chocolate blanco y chocolate negro, entre otras. Estas clasificaciones dependerán de las políticas de la empresa y del negocio al que se dediquen (1).

Dentro de este principio de semejanza se derivan dos conceptos adicionales: compatibilidad y complementariedad. La compatibilidad que, en otras palabras se trata de que los productos que posean características de almacenamiento similares se almacenen unos cerca de otros y la complementariedad, se traduce en productos que son despachados juntos ya que como su nombre lo indica se complementan, como por ejemplo hojas de afeitar con cremas y jabones (4).

Una excepción a este principio de semejanza es cuando los productos son muy similares entre sí, a tal punto que puedan ocurrir errores durante el *picking* y posterior despacho. Por ejemplo los interruptores eléctricos de dos, tres o cuatro vías; tiene similar apariencia pero funciones diferentes (14).

Introduciendo la herramienta de clasificación ABC de los productos, se puede determinar que los productos A que son aquellos de mayor rotación serán ubicados más cerca de las puertas de recepción y despacho y los productos B y C podría ser considerados complementarios por lo tanto su ubicación será acorde a su utilización.

Todas estas consideraciones mencionadas anteriormente son llevadas a cabo con el fin de hacer más eficiente la preparación de los pedidos, de manera que se minimizan los recorridos, se evitan incompatibilidades, maximiza la utilización de espacios y se facilita el control y seguridad en el almacén (1).

Tamaño

Este principio sugiere que los productos pesados o difíciles de manejar y/o mover sean almacenados cerca de los puntos de uso con la finalidad de reducir los costos de manipulación. Además, una bodega puede tener variaciones en la altura de techo, se recomienda ubicar los productos más pesados en partes bajas y los menos pesados en partes de mayor altura debido a la facilidad de manipulación.

Por otro lado, este principio también se refiere a la capacidad de cada una de las posiciones disponibles en el centro de almacenamiento; la idea es aprovechar al máximo la capacidad de cada posición y tener en cuenta que cada ítem se puede almacenar de manera diferente. Es necesario considerar no sólo las dimensiones del ítem individual, sino también la cantidad total de ese ítem que será almacenado (14).

Características

En su libro "*Facilities Planning*", Tompkins (2010) menciona ciertas características que indican condiciones de almacenamiento opuestas o contrarias a las explicadas anteriormente en relación a la popularidad, semejanza y tamaño. Estas son (14):

- a) Materiales perecederos: este tipo de materiales requiere de un ambiente adecuado y controlado de acuerdo a sus necesidades. La vida útil de los materiales debe ser considerado para su almacenamiento.

- b) Artículos de forma extraña y frágil: ciertos artículos que poseen formas distintas generan ciertos inconvenientes al momento de almacenarlos e incluso en la manipulación, por lo tanto se debe proveer de espacios abiertos para este tipo de

almacenamientos. Por otro lado aquellos ítems que por naturaleza son frágiles o se vuelven frágiles por condiciones del ambiente deben ser ubicados apropiadamente.

- c) Materiales peligrosos: aquellos productos como pintura, barnices y químicos inflamables requieren almacenamiento por separado. Es importante considerar el código de seguridad de cada almacén según el tipo de producto que manejen.

- d) Elementos de seguridad: la exposición de materiales a los hurtos es posible física o virtualmente. Los *ítems* de mayor valor y/o pequeños en tamaño son el objetivo más común de hurto; por lo tanto medidas de seguridad deben ser implementadas en estos casos. Además, es necesario prevenir tanto los robos como los errores de *stock* en el sistema con el objetivo de mantener la trazabilidad de los materiales.

- e) Compatibilidad: para complementar el concepto propuesto en la sección anterior, se presenta en otra perspectiva esta idea. Existen productos que son incompatibles unos con otros, ya sea por políticas de despacho o por cuestiones de seguridad e higiene no pueden ser almacenados juntos, por ejemplo, no se

puede almacenar materiales de limpieza junto con productos alimenticios, o galones de gasolina con galones de oxígeno (1).

Espacio de utilización

Para definir el espacio apropiado para el almacén, Tompkins (2010) propone que se consideren los siguientes factores (14):

- a) Conservación del espacio: sugiere la maximización de concentración de producto de esta manera se incrementa la flexibilidad y capacidad de manipulación de grandes recepciones de material. Almacenar los materiales a la altura y profundidad adecuada minimiza el almacenamiento en muchas pequeñas unidades o espacios.

- b) Limitaciones de espacio: la utilización del espacio se verá limitada por la altura del techo, soportes, rociadores, columnas y postes, y el apilado seguro de materiales. Con respecto a los postes y columnas, se puede mitigar su impacto negativo mediante la ubicación de materiales alrededor de estos. Los apilamientos de material dependen de la fragilidad y estabilidad de los *ítems*.

- c) Accesibilidad: se hace especial énfasis en los pasillos principales que dirigen a las puertas de tal manera que se mejore la maniobrabilidad de productos y se reduzcan los tiempos de viaje. Es importante que los pasillos sean lo suficientemente anchos para permitir el paso de los equipos de manipulación, flujo de personas y productos y al mismo tiempo no deben desperdiciar espacio del almacén.

- d) Orden: los principios de orden de un almacén indican que los pasillos deben ser marcados con pintura o cinta de tal manera que se identifique los bordes del pasillo; asegurarse que los pasillos estén despejados de tal manera que no existan obstáculos que imposibiliten la accesibilidad a ciertas áreas; evitar dejar espacios vacíos de productos, es decir en la medida de lo posible utilizar la capacidad del espacio asignado a un producto por completo, con el objeto de aprovechar mejor la capacidad total de la bodega.

Principios para la preparación de pedidos

Tompkins (2010) propone 15 principios que se deben tener en consideración para la actividad de preparación de pedidos (14). Estos principios se exponen a continuación:

- a) Aplicar la Ley de Pareto: esta ley se aplica tanto para el análisis ABC de productos como para definir la popularidad de los ítems dentro un almacén. Esta ley permite disminuir el tiempo de viaje durante la preparación de pedidos.
- b) Usar un documento de *picking* claro y sencillo: la documentación de *picking* debe incluir ubicación, *stock*, descripción, unidad de material y cantidad requerida. Además, se debe evitar mezclar documentos de despacho dirigido a los clientes y los documentos de *picking* dirigido al operador que realizar esta labor; aunque la información de productos es la misma se derivan confusiones por el exceso de información.
- c) Utilizar una ruta predefinida en el documento de *picking*: un documento de *picking* debe proveer información de todo el proceso de preparación del pedido. Por lo tanto, una ruta predefinida indicará al operador el camino que debe seguir a través de la bodega de tal manera que evite llegar a lugares

donde no haya suficiente *stock*, de esta manera, se reduce el tiempo de viaje.

d) Mantener un efectivo sistema de localización: para tener una eficiente preparación de pedidos es importante tener un sistema de localización adecuado; si no se conoce dónde están los ítems el tiempo de viaje incrementará debido a la búsqueda de los productos en el almacén; esta actividad de búsqueda no presenta valor agregado para la empresa.

e) Eliminar y combinar las actividades de preparación de pedidos cuando sea posible, las actividades de preparación son las siguientes:

- 1) Buscar las ubicaciones de *picking*
- 2) Recorrer hacia, desde y entre las ubicaciones de *picking*
- 3) Alcanzar o tener acceso a las ubicaciones de *picking*
- 4) Extraer *ítems* de las ubicaciones almacenadas
- 5) Documentar las transacciones de *picking*
- 6) Organizar o clasificar los *ítems* en los pedidos
- 7) Empaquetar los *ítems*

Los métodos de eliminación de algunas de estas actividades generalmente se enfocan en la automatización de la operación, incluyendo carruseles, dispositivos mecánicos para transportarse dentro del almacén, carros de *picking* con más compartimientos, entre otras.

De la misma manera, se pueden combinar actividades con la ayuda de la automatización, por ejemplo: *picking* y organizar, recorrer/viajar y extraer, recorrer/viajar y documentar; entre otras que se ajustaran de acuerdo a las necesidades del almacén.

- f) Preparar los pedidos en lotes para reducir el tiempo de viaje total, incrementando la cantidad de pedidos y por ende la de productos solicitados durante un recorrido por el almacén. Se logra reducir el tiempo de viaje, dado que recorriendo la misma distancia se preparan más pedidos.

Este proyecto se enfocará específicamente en los sistemas operador-producto (*picker-to-product*), donde el operador se acerca hacia el lugar donde está almacenado el producto y lo retira de allí para preparar la orden para el despacho. Gagliardi

(2008), propone cuatro procesos básicos que se redactan a continuación (9):

- *Discrete-picking*.- En esta técnica una persona prepara la orden, línea por línea según el pedido. Su ventaja más grande es que mantiene la integridad de la orden.
- *Zone-picking*.- La bodega es dividida en distintas zonas, y a cada zona se le asigna un operador para que realice el *picking*, por lo tanto en este caso la orden será dividida en varias listas de *picking* dependiendo de la ubicación de los productos en las zonas.
- *Batch-picking*.- En este caso, una persona puede realizar el *picking* de varias órdenes al mismo tiempo. Se subdivide en dos técnicas más; *sort-while-pick* , donde se va realizando el *picking* y clasificando las órdenes mientras se recorre el almacén, y *pick-and-sort* en cambio propone realizar el *picking* de todas las órdenes y al final clasificarlas.

- *Wave-picking*.- En esta estrategia las órdenes son preparadas para satisfacer la planificación de entrega.

g) Establecer por separado áreas de reserva y *picking*: según la ley de Pareto, la minoría de productos de un almacén generan la mayor demanda de pedidos, por lo tanto se debe definir un área donde se concentre algo inventario de algunos de los ítems más populares. Mientras más pequeña sea el área destinada a *picking*, los tiempos de viaje serán más cortos. Sin embargo, las reposiciones de inventario serán más frecuentes. A continuación, se muestran algunas consideraciones para realizar la configuración del área de reserva y *picking*:

- Determinar los *ítems* que deben ubicarse en el área de *picking*: la mayoría del inventario contiene *ítems* considerados de bajo movimiento y estos necesitan poco espacio de almacenamiento, siendo posible almacenarlos en su totalidad en el área de *picking* y sólo incluir algunos de los ítems de rápido movimiento. Por lo otro lado, también se suele recomendar ubicar más *ítems* de rápido movimiento con la finalidad de agilizar el

picking y aquellos *ítems* de bajo movimiento pueden ser ubicados en otro lado del almacén.

- Determinar las cantidades de cada *ítem* que debe ser almacenado en el área de *picking*: esta decisión puede ser por asignación arbitraria de espacio o según los datos de demanda esperada semanal o mensual.
- Capacidad total de almacenamiento por *ítem* en el área de *picking*: considerar el espacio que sea adecuado para la recepción o reposición esperada de los *ítems* y no solo el promedio de inventario disponible.
- Identificar métodos alternativos para la asignación de espacio en el área de *picking* que cumplan con los requerimientos.
- Determinar las operaciones que se llevarán a cabo en los almacenes alternativos que se planteen: es necesario considerar el tipo de almacén que será utilizado y la estrategia de preparación de pedidos.

- Estimar los costos y beneficios del sistema alternativo propuesto.
- h) Asignar los *ítems* más populares a los lugares más accesibles del almacén: uno de los criterios más utilizados para cumplir con este propósito es el de popularidad de los SKU's. Sin embargo, es un error común sólo considerar la popularidad y dejar a un lado el tamaño del producto. El objetivo de aplicar estos criterios es tener una alta actividad de preparación en los puntos más accesibles, como estos puntos seguramente no son muchos, luego se debe decidir cuáles SKU's tendrán preferencia. Para definir la preferencia existen otros criterios: frecuencia de *picking* (número de veces que un ítem es pedido) y volumen enviado (unidad de producto demandado/unidad cúbica).
- i) Balancear la actividad de *picking*, reduciendo la congestión por medio de locaciones: es necesario considerar ubicar los ítems en zonas suficientemente espaciales de tal manera que se evite la congestión sin incrementar los tiempos de viaje. Por lo general, una manera de lograr esto es en una configuración en forma de herradura o U.

- j) Ubicar *ítems* que pueden ser pedidos juntos en locaciones cercanas: aquellos productos que cumplan con las características de semejanza, compatibilidad y complementariedad deben ser colocados en ubicaciones cercanas para agilizar el proceso de *picking*.

- k) El selector de la orden debe ser responsable de la precisión de la misma: la persona que prepara el pedido debe asegurarse que esté correcto, a tiempo. Además, que se entregue al destinatario adecuado.

- l) Evitar contar: la tarea de contar los ítems para cada uno de los pedidos es muy tediosa y toma mucho tiempo realizarla. Una manera de manejar esta situación es agrupar o formar paquetes de producto según las cantidades típicamente ordenadas; por ejemplo un producto que normalmente venga en presentación de 1000 unidades, pero es pedido normalmente en unidades de 100, presenta un inconveniente, para este caso convendría tener paquetes de 25 para simplificar el conteo. Por otro lado, si el producto suele venir en presentación individual se debe considerar formar paquetes según la cantidad típica ordenada. Otra manera de mitigar este

problema es medir en lugar de contar, las mediciones suelen realizarse en dispositivos electrónicos y suelen ser precisas.

m) Solicitar confirmación del pedido: este principio va de la mano con la responsabilidad que debe asumir la persona que hace el pedido, dicha persona debe encargarse de confirmar que las cantidades y productos que está entregando son efectivamente los solicitados.

n) Diseñar carros de *picking* para minimizar el tiempo de clasificación y errores en el pedido y mejorar la comodidad del operador: el carro de *picking* es considerada una estación de trabajo, por lo que debe ser diseñada para incrementar productividad y proveer comodidad al operador. Algunas consideraciones que se pueden hacer son:

- Si es necesaria la clasificación de productos, el carro de *picking* debe contener separadores para facilitar esta tarea.
- Si la actividad de *picking* requiere realizarse a cierta altura, el carro de *picking* debe proveer una escalera.

- Si el operador debe realizar cierto papeleo durante su actividad, el carro debe contener un compartimiento que le ayude a organizar estos documentos.
- o) Eliminar el papeleo de la actividad de preparación de pedidos: este principio se enfoca principalmente en la implementación de tecnología para cumplir con el propósito de eliminar el papeleo. Algunas de las propuestas son: sistemas *pick-to-light* y comunicación por radio frecuencia.

Desperdicios

El objetivo de toda operación es que esté libre de desperdicios, ya que estos son los principales causantes de los aumentos de costos, disminución de la productividad, aumentos de tiempos, etc. Por esta razón, es importante tratar en esta sección los 7 desperdicios, o también conocidos como *waste* o *muda* en la filosofía *lean*. En la actualidad, se los puede clasificar de la siguiente manera: defectos de los productos, esperas, inventarios, movimientos innecesarios, sobreproducción, sobreprocesamiento y transportes (2) (8).

Este proyecto se enfocará en los movimientos innecesarios. Cabe mencionar, que los movimientos de personal no agregan valor al producto, dado que el cliente no paga por dichas actividades. Sin embargo, por cuestiones de la operación ciertos movimientos son necesarios, y es ahí donde puede trazarse una división entre los movimientos necesarios y los innecesarios.

Los movimientos necesarios son aquellos que obligatoriamente se deben de realizar, no agregan valor pero por motivo de la operación se deben de llevar a cabo, por ejemplo, transitar por las estanterías del almacén para conseguir un producto para un pedido determinado. Por otro lado, se tienen los movimientos innecesarios, estos movimientos además de no agregar valor, aumentan la ineficiencia de la operación, esto se puede causar por diferentes razones, por ejemplo, una mala distribución del *layout* dentro del almacén, falta de estandarización del trabajo, entre otros. Estos son los movimientos innecesarios que se deben eliminar para reducir los desperdicios (3).

Programación lineal

Introducción a la programación lineal

La programación lineal, hace uso de un modelo matemático para presentar el problema. Se lo conoce como lineal dado que las

funciones matemáticas deben ser funciones lineales. La programación lineal consiste en la planeación de las actividades con el fin de buscar un resultado óptimo, o el que mejor cumpla con los requerimientos de entre todas las posibles alternativas (6).

Elementos de programación lineal

Un modelo de programación lineal está conformado por 4 elementos principales, los cuales se describirán a continuación (6):

- 1) Variables de decisión: el modelo se presenta como toma de decisiones y desea saber el nivel de actividad, por lo tanto las variables de decisión deben representar explícitamente las decisiones a escoger.
- 2) Parámetros: son los recursos, o constantes de entrada al modelo. Aquellos valores que son datos previamente obtenidos.
- 3) Función objetivo: es la función que se desea maximizar o minimizar según el caso. Suele representársela como Z , y es conocida como medida global de desempeño; es así que la

asignación adecuada de los recursos permite elegir los niveles de actividades que harán posible mejorar la función Z.

- 4) Restricciones: las restricciones son las limitaciones que tiene el modelo, son aquellas características que se deben cumplir para que el modelo sea efectivo. Estas restricciones limitan los valores que las variables de decisión pueden tomar. Se tiene dos tipos de restricciones: las restricciones funcionales, que como su nombre lo indica están expresadas en función de las variables, y por otro lado están las restricciones de no negatividad o de signo que indican que la variable de decisión puede asumir valores no negativos.

Programación entera

El supuesto de divisibilidad, el cual indica que las variables pueden tomar valores no enteros, es una de las limitaciones más importantes en los problemas de programación lineal. Existen problemas en los que las condiciones del problema tienen sentido sólo si las variables de decisión tomen valores enteros, en estos casos se convierte en un problema de programación lineal entero, aunque comúnmente se lo conoce sólo como programación entera (6).

El modelo matemático que se usa en programación entera es el mismo que se utiliza para programación lineal con la condición de que las variables tengan valores enteros. También, se puede dar el caso que solo se requiere que ciertas variables tomen valores enteros y el supuesto de divisibilidad se cumpla para el resto, en este caso, se trata de una programación entera mixta, mientras que si solo se admiten valores enteros se conoce como programación entera pura (6).

Una aplicación muy importante de la programación entera, es aquella que considera decisiones tipo sí o no, en estos problemas la variable de decisión solo puede tomar dos posibilidades como resultado y por lo general se representan con valores 0 y 1 de la siguiente manera (6):

$$x_j = \begin{cases} 1 & \text{si la decisión } j \text{ es sí} \\ 0 & \text{si la decisión } j \text{ es no} \end{cases}$$

Las variables de este tipo, son conocidas como variables binarias. Y aquellos problemas de programación entera que contienen sólo variables binarias se denominan programación entera binaria.

Las decisiones de sí o no constituyen dos grupos: alternativas mutuamente excluyentes y decisiones contingentes. Las alternativas mutuamente excluyentes representan los casos en que solo una de las decisiones puede ser sí, haciendo de esta manera que la suma de las variables sea igual a 1 si exactamente una decisión debe ser sí o menor o igual a 1 si a lo mucho una de las decisiones debe ser sí. Por otro lado, están las decisiones contingentes, que son aquellas que dependen de las decisiones anteriores, es decir será sí, sólo si la otra decisión es sí (6).

2.2. Indicadores de manejo de inventarios

Índice de rotación

La rotación de un producto indica las veces que el inventario promedio de cierto artículo se ha despachado, para algún período en particular. Este índice se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Rotación} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Inventario Promedio}}$$

Este índice se lo puede calcular para fines logísticos en distintas medidas según la preferencia del caso, estas pueden ser: *pallets*, cajas, metros cúbicos, toneladas etc., además también para efectos financieros se puede presentar la rotación en costos.

Según Carreño (2011), existen tres ventajas principales de tener una alta rotación, y estas son (1):

- Disminución de las necesidades de existencias
- Disminución de los costos necesarios para el almacenamiento
- Disminución de los costos de posesión de las existencias

Índice de cobertura

La cobertura indica el número de días que el inventario promedio puede satisfacer la demanda de los clientes. Además el conocimiento de este valor ayuda a coordinar los el momento idóneo para hacer los pedidos de reabastecimiento considerando la disponibilidad de existencias vigentes, así también se puede aprovechar mejor el espacio de almacenamiento (1). El cálculo de este índice se efectúa según la siguiente ecuación:

$$Cobertura = \frac{Inventario Promedio}{Demanda}$$

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE LA BODEGA

3.1. Descripción general de la empresa

La empresa objeto de estudio posee una larga trayectoria con más de 60 años en Ecuador ofreciendo buena calidad en sus productos. Su planta se encuentra ubicada en la Vía a Daule, cantón Guayaquil. La empresa ocupa un área de 33.000 m², de las cuales las instalaciones industriales tienen un área de 11.300 m².

La empresa posee un total de 74 SKU's, los cuales están distribuidos de la siguiente manera: 27 en la presentación de cajas, 17 en litros 17 bandejas y 13 tambores.

3.2. Descripción de los tipos de pedido

Se tienen 4 tipos de pedidos que son:

- 1) Pedido de Contenedor Primaria: pedido asignado a clientes provinciales y distribuidores locales, los cuales

se despachan en carros con una capacidad de 15000 litros o 20 *pallets*. El tiempo de carga es aproximadamente 60 minutos, dependiendo del *mix* de los SKU's requeridos en el pedido, dado que en pedidos muy variados, la verificación de la carga puede tomar más tiempo. La cantidad de horas-hombre que se debe dedicar para la preparación de este tipo de pedidos es de aproximadamente 8 horas-hombre, así mismo dependiendo de la complejidad del pedido.

- 2) Pedido de contenedor regional: este tipo de pedido es únicamente para abastecer a las regionales, para estos pedidos se utiliza la capacidad máxima, por ende se despachan 20 *pallets*. La carga de este tipo de pedidos se encuentra entre un rango de 30 a 60 minutos. Generalmente, este tipo de pedidos no se preparan, ya que las regionales aceptan *pallets* enteros, pero en ocasiones es necesario preparar, requiriendo aproximadamente 2 horas-hombre.
- 3) Pedido de primaria 6500: pedido asignado a transporte de carga con capacidad de hasta 6500 litros. Los

destinos principales de este tipo de transporte son los distribuidores y clientes de provincia con una capacidad de cámara no muy grande. La cantidad de recursos que conlleva la preparación de este tipo de pedidos es de 6 horas-hombre, cabe recalcar que esta cantidad varía dependiendo de la dificultad y variabilidad del pedido. Existen dos tipos de camiones: camiones *palletizados* y camiones al granel. La diferencia entre estos dos tipos de camiones es que al ser camiones *palletizados*, su carga demora aproximadamente 1 hora debido a que se introducen directamente los *pallets*; mientras que los camiones al granel se debe *despalletizar* el pedido, es decir, introducir caja por caja dentro del camión, esta actividad demora aproximadamente 2 horas.

- 4) Pedido de preventa: pedido asignado a clientes de preventa y distribuidores locales con baja capacidad de almacenamiento, los cuales se despachan en carros de 2000 y 2800 litros. El tiempo estimado para la carga de un camión de preventa es de 45 a 60 minutos, dependiendo de los litros que requiera el pedido. La

cantidad de horas-hombre que requiere la preparación de un pedido de preventa es de 2 horas-hombre.

3.3. Administración del personal

Dotación de personas

El centro de distribución trabaja 24 horas al día, y para cubrir esta jornada se coordinan tres turnos. Cada turno está conformado por personal operativo y administrativo para llevar a cabo las operaciones de la bodega.

El número de personas requeridas por turno de trabajo se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3 DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL EN LOS TURNOS

	Turno A 07H00 – 15H00	Turno B 15H00 – 23H00	Turno C 23H00 – 07H00
Montacarguista	2	2	2
Camareros	7	7	8
Despachador	1	1	1
Asistente de Distribución	1	1	1

Salario del personal

El salario que percibe el personal administrativo y operativo se encuentra en el Anexo A.

Distribución del tiempo por turno de trabajo

Un día común en el centro nacional de distribución se desarrolla entre tiempo en cámara y tiempo de descongelamiento. De acuerdo a normas de seguridad es obligación que cada que transcurra una hora de trabajo dentro de la cámara, se debe tomar un receso fuera por 15 minutos. Esto se debe a las condiciones de frío de la bodega.

Por lo tanto, una jornada de trabajo se la podría bosquejar de la siguiente manera:

**TABLA 4 DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS EN UN
TURNO DE TRABAJO**

	Tiempo (min)
Vestidores	15
Cámara	45
Descongelamiento	15
Cámara	60
Descongelamiento	15
Cámara	60
Descongelamiento	30
Almuerzo	30
Cámara	60
Descongelamiento	15
Cámara	60
Descongelamiento	15
Cámara	45
Vestidores	15
Total (min)	480

Es aquí, donde se presenta una de las restricciones o limitaciones más significativas de la bodega; el tiempo operativo disponible diariamente no es de 8 horas como se podría esperar, dada las

condiciones de frío de la bodega las cuales se mencionaron anteriormente, quedando en realidad 5,5 horas de trabajo, 1,5 horas de descongelamiento y 1 hora entre almuerzo y vestidores.

3.4. Descripción de los procesos del centro nacional de distribución

En esta sección se describirá el proceso de recepción y despacho.

El proceso de recepción inicia con el ingreso del producto terminado desde la planta hacia el centro nacional de distribución (áreas contiguas), y finaliza con la colocación de los *pallets* en los *racks* y en el sistema. El proceso de despacho de producto terminado varía según el pedido: regionales y primaria/preventa.

Diagrama de flujo de trabajo

A continuación, se ilustra el proceso del ciclo del pedido estándar desde que es liberado hasta que se despacha en el transporte.

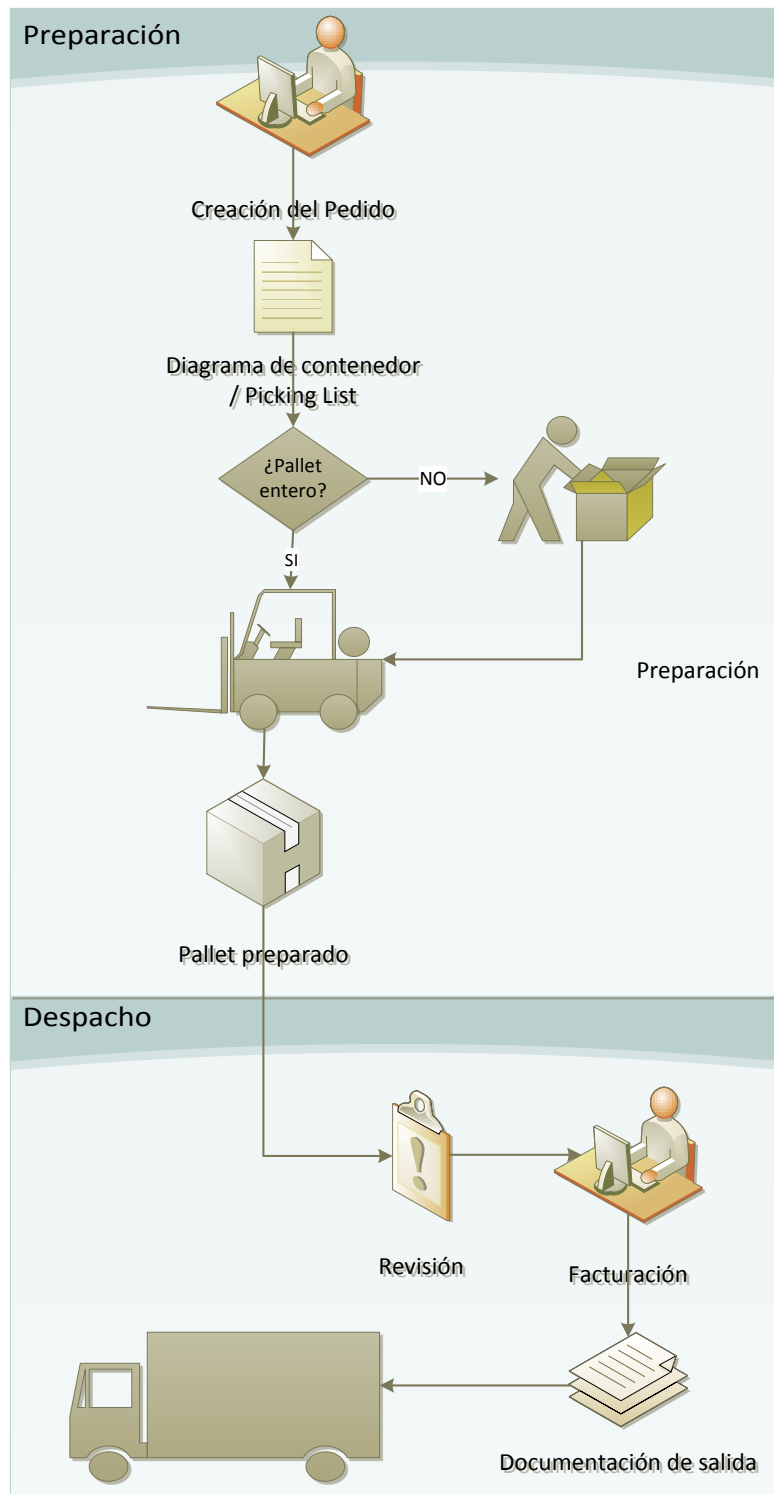


FIGURA 3.1 FLUJO DEL PROCESO DE DESPACHO ESTÁNDAR

Diagrama de flujo de preparación

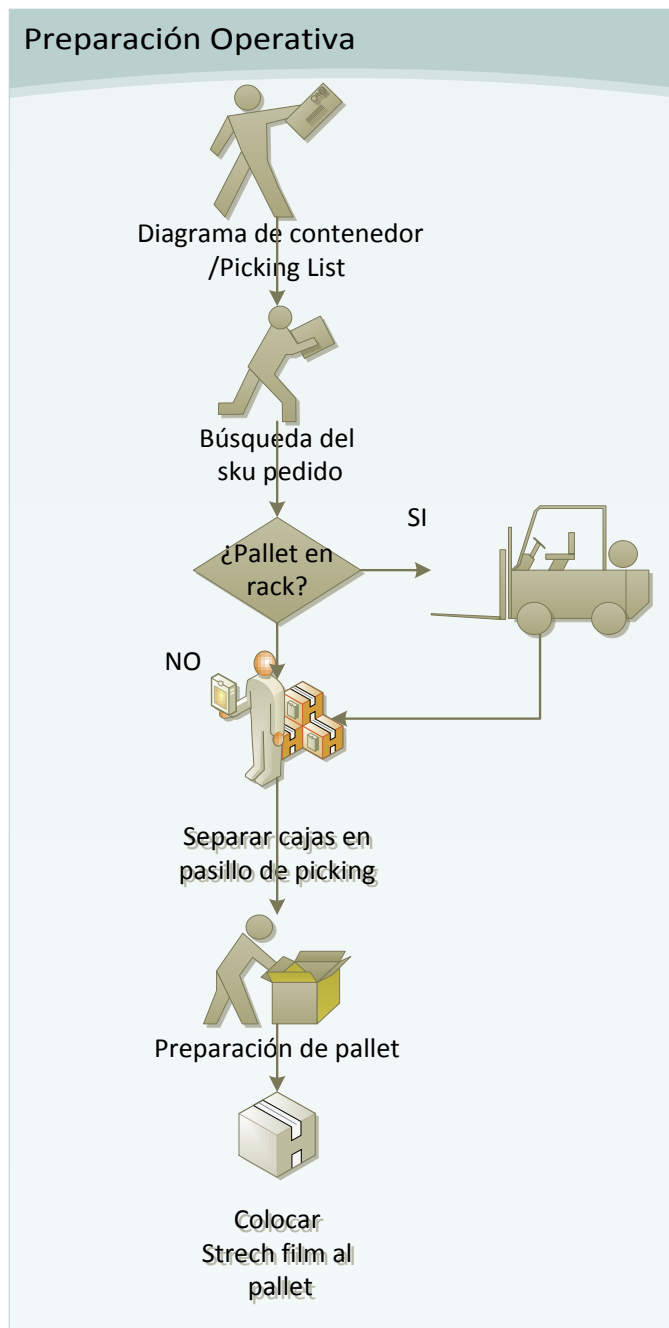


FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PREPARACIÓN DE PEDIDOS

Procedimiento para recibir producto terminado de producción al centro nacional de distribución.

Los productos son *palletizados* y envueltos con *stretch film*, luego pasan a ser entregados al CND. La recepción del producto se describe a continuación:

- 1) El camarero de producción transporta el *pallet* del área de *palletizado* al pasillo de cuarentena de la cámara de frío (pasillo 1).
- 2) El montacarguista de turno verifica lo recibido (cantidades, lotes, código y descripción del producto) y coloca el producto en una posición vacía.
- 3) Se repiten los pasos 1) y 2) durante el transcurso de todo el turno.
- 4) Cuando el turno finaliza, el camarero de producción debe entregar copia de los formatos correspondientes a los ingresos, los cuales se cuadran con la información del montacarguista.
- 5) El montacarguista de turno llena el documento de recepción de *pallets* de producción y lo hace firmar por el líder de cámara de *palletizado* y el asistente de distribución de turno.

- 6) Con esta información el asistente de devoluciones procede a receptor el producto terminado en sistema, verificando que el pedido de traspaso sea igual al que se está recibiendo en físico y colocando el producto terminado en sistema tal como se lo indica el montacarguista en físico.

Procedimiento para despachar producto terminado a las regionales

- 1) El asistente de distribución crea el pedido en el sistema, verificando el *stock* de la regional para determinar qué productos enviarles. Los productos que se van a enviar generalmente se los envía en *pallets* enteros y se los coloca en el diagrama del contenedor.
- 2) El asistente de distribución asigna el pedido creado y elige el transporte en el cual se introduce la entrega generada.
- 3) En caso que se deba preparar *pallets*, se envían a los camareros a prepararlos con el diagrama del contenedor. Caso contrario, el asistente de distribución le comunica al despachador y a un camarero para iniciar la carga, adicional le comunica al montacarguista para que comience a sacar los *pallets* a la pre-cámara.

- 4) Una vez cargado el contenedor, el despachador le indica al asistente de distribución entregándole el diagrama con todos los productos tarjados juntos con los lotes.
- 5) El asistente de distribución comienza a realizar el proceso de facturación, e imprime los papeles necesarios para la salida del contenedor.
- 6) El asistente de distribución le entrega la debida documentación al chofer y autoriza la salida.

Procedimiento para despachar pedidos de Primaria/Preventa

- 1) Una vez que el pedido pasa de estado de bloqueado por crédito a ingresado OK, el asistente de distribución procede a asignar el pedido, y crea un transporte e introduce la entrega generada.
- 2) Si el pedido se despacha en un contenedor, se procede a hacer el diagrama del contenedor y se lo imprime. Si es un pedido que se despacha en carro de 6500, se imprime la hoja de preparación (*picking list*). Nota: se sacan dos hojas por pedido, una para mandar a preparar litros y una para preparar cajas.
- 3) El asistente de distribución entrega las hojas a los camareros para que se proceda a preparar el pedido.

- 4) Los camareros ingresan a la cámara y comienzan con la preparación del pedido, de la siguiente forma:
- I. Se coloca un *pallet* vacío en el pasillo de *picking* cerca de la ubicación del SKU que más solicitan.
 - II. En el caso de que se estén preparando cajas, se las comienza a colocar sobre el *pallet* siguiendo la norma de *palletizado* y colocando las más pesadas en la parte inferior (para la preparación de cajas se recomienda colocar sobre el mismo *pallet* los mismos tipos de cajas). Si se están preparando los litros se arman primero las cajas en donde se colocarán los litros, y después se introducen los litros dentro de las cajas; una vez que el cartón esté completo se lo coloca encima del *pallet*.
 - III. Al momento que el *pallet* se encuentre terminado, el camarero le da vueltas con el *stretch film*, ajustándolo correctamente para que este se mantenga firme en el viaje.
- 5) Una vez culminada la preparación del *pallet*, el montacarguista coloca el *pallet* preparado al final de un pasillo (pasillo 2, 3, 4) para tenerlo diferenciado por pedido.

- 6) Al momento que sea requerida la carga del pedido, el asistente de distribución le indica al montacarguista para que proceda a sacar los *pallets* a la pre-cámara para que el camarero proceda a ingresar el producto en el contenedor/camión. Además, el asistente de distribución le entrega el diagrama de contenedor/*picking list* al camarero para que verifique la carga.
- 7) Una vez culminada la carga, el camarero le entrega la hoja tarjada con los lotes al asistente de distribución y se comienza el proceso de facturación.
- 8) El asistente de distribución le entrega la documentación al chofer y le da la autorización para su salida.

3.5. Análisis de los procesos de preparación operativa de la orden de despacho

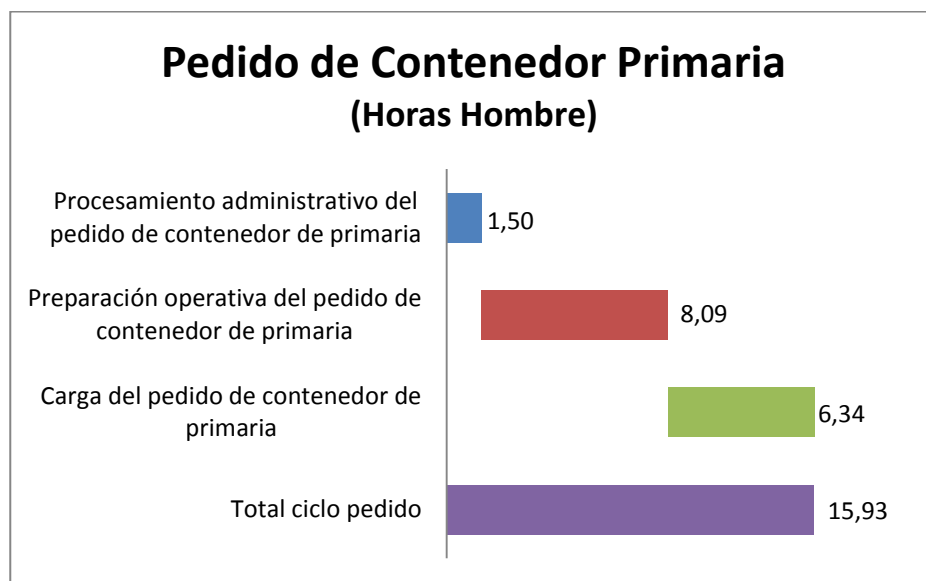
Ciclo del pedido

Se considera el ciclo de pedido desde el momento en que el asistente asigna el pedido en el sistema y se entrega la lista de *picking* a los camareros para que inicien la preparación hasta la carga del pedido en el contenedor y la salida del mismo. El ciclo del pedido en este estudio incluye tanto la parte operativa como administrativa.

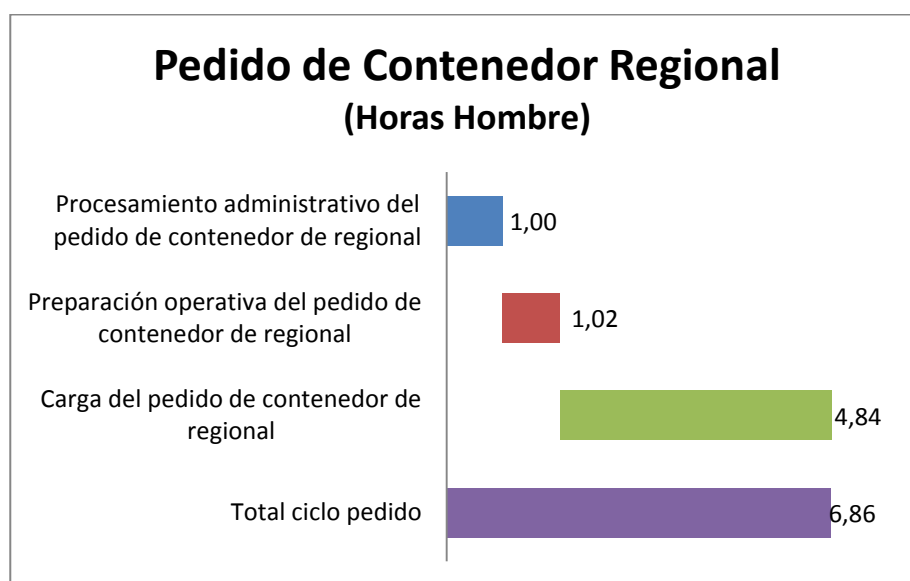
Tal como se ha mencionado, el centro nacional de distribución presenta cuatro tipos de pedido dependiendo de la capacidad del transporte y el volumen del pedido. Para determinar el ciclo de cada uno de los pedidos, se realiza una recopilación de las horas-hombre mensuales para las distintas actividades que conforman el ciclo del pedido. Se estiman los tiempos para completar un pedido partiendo del promedio de pedidos diarios que tiene el centro de distribución.

- Pedido regional: 1,3 pedidos diarios
- Pedido contenedor primaria: 1,7 pedidos diarios
- Pedido primaria 6500: 2,1 pedidos diarios
- Pedido preventa: 7,9 pedidos diarios

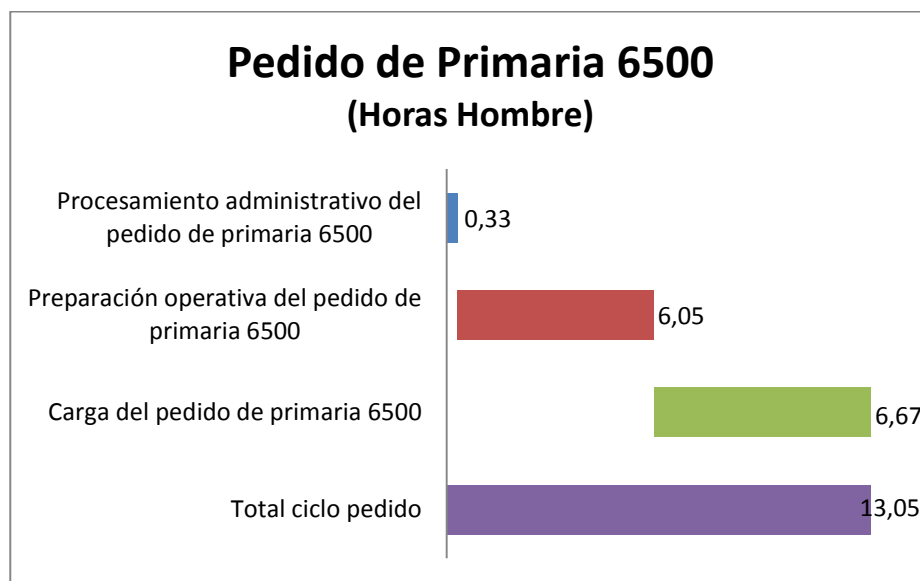
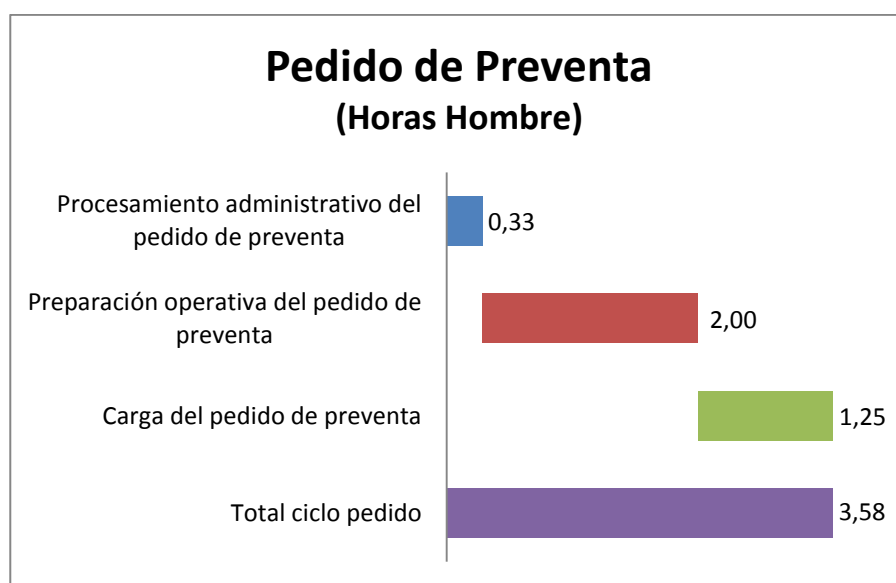
De esta manera se obtienen los tiempos de ciclo para cada pedido que se muestran a continuación.



**FIGURA 3.3 CICLO DE PEDIDO DE CONTENEDOR
PRIMARIA**



**FIGURA 3.4 CICLO DE PEDIDO DE CONTENEDOR
REGIONAL**

**FIGURA 3.5 CICLO DE PEDIDO DE PRIMARIA 6500****FIGURA 3.6 CICLO DE PEDIDO DE PREVENTA**

Los tiempos que se muestran en las figuras están dados en horas-hombre, es decir son los tiempos que le tomarían a una persona completar el ciclo de manera individual. Sin embargo, a cada actividad se suele asignar más de un colaborador.

No se puede realizar una comparación de tiempos entre los diferentes tipos de pedidos ya que el volumen del pedido varía en cada caso y las actividades pueden tomar más o menos tiempo. Para un análisis más real es necesario estudiar cada caso de manera independiente.

3.6. Análisis del *Layout*

Descripción del *layout*

a) Layout

En la Figura 3.7, se muestra el *layout* de la bodega y se indican las puertas de entrada y salida así también como los pasillos disponibles para movimiento de personas y productos.

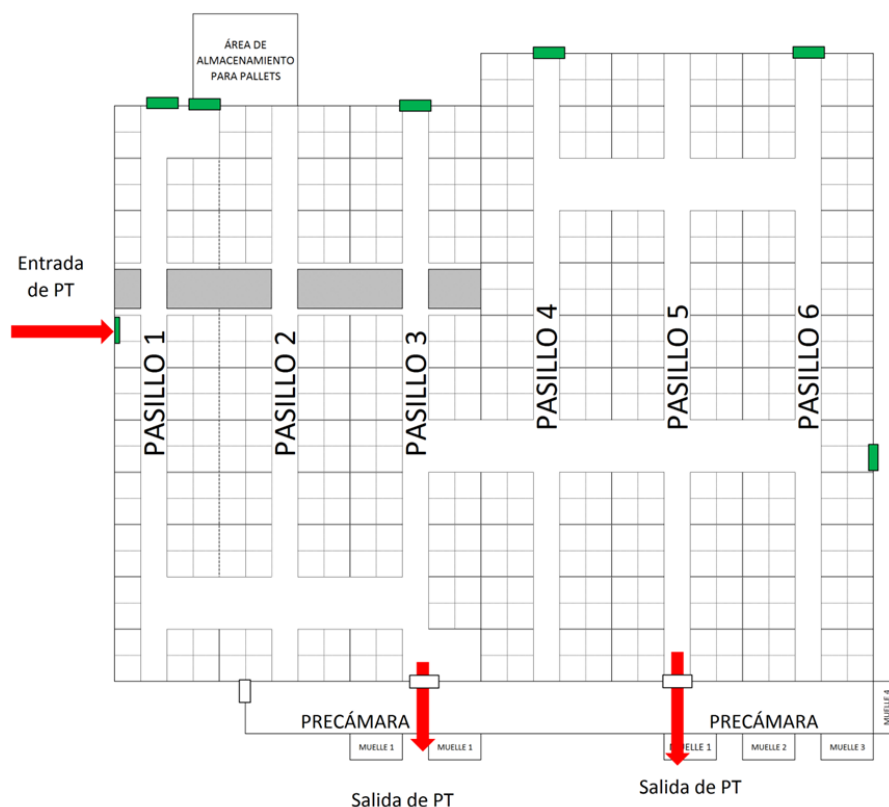


FIGURA 3.7 LAYOUT DEL ALMACÉN

b) Entradas y salidas de producto

El almacén del centro nacional de distribución en estudio tiene una capacidad para albergar 2308 *pallets*, en la Figura 3.7 se observa que posee una puerta de ingreso de producto terminado, que conecta la bodega con el departamento de *palletizado*. Se tiene dos puertas de salida de producto terminado hacia la pre-cámara por donde pueden pasar los montacargas.

c) Zona de despacho

Se procedió a observar las operaciones en la zona de despacho y se notó que al realizar la carga de un pedido, los *pallets* con producto preparado y los *pallets* enteros que son despachados se los envía de la cámara de almacenamiento hacia la pre-cámara con la ayuda del montacargas. Estos *pallets* se van colocando en fila cerca del muelle que se va a cargar. Debido a las dimensiones de la pre-cámara se pueden cargar máximo 3 carros a la vez, a pesar de que se tengan 4 muelles, ya que al tener muchos *pallets* en la pre-cámara, ésta última se congestiona y causa lentitud al momento de la carga.

Distribución actual de los productos en la bodega

En la Figura 3.7, se observa que la bodega consta con 6 pasillos, los mismos que serán descritos a continuación:

- Pasillo 1: este pasillo tiene dos tipos de *racks*, del lado de la puerta de entrada de recepción se encuentran los que son de un solo fondo o sencillos, y frente a ellos se encuentran las estanterías de doble fondo. Este pasillo tiene la capacidad de almacenar 250 *pallets*, de las cuales 64 posiciones son

destinadas para almacenar producto en mal estado, *SMI* (*Slow Moving Items*) y productos bloqueados por calidad. En este pasillo se almacenan temporalmente los *pallets* que van a ser transformados a bandejas. Adicional se debe mencionar que en este pasillo se encuentran 2 posiciones destinadas para almacenar producto de I&D.

- Pasillo 2: en este pasillo se pueden almacenar hasta 384 *pallets*, en *racks* de doble fondo. Aquí se almacenan todo tipo de SKU, también se almacena en el piso al final de los pasillos el producto preparado para ser despachados.
- Pasillo 3: este pasillo tiene una capacidad de almacenamiento de 364 *pallets* en *racks* de doble fondo, así también como en el pasillo 2, se colocan los *pallets* con producto preparado que van a ser despachados a los clientes. En este pasillo se almacenan las bandejas de litros y tortas en el primer nivel.
- Pasillo 4: este pasillo posee *racks* de doble fondo con una capacidad de hasta 408 posiciones en las cuales se almacenan todo tipo de SKU, en el primer nivel se colocan principalmente los tambores, ya que por su peso no se

recomienda almacenarlo en posiciones superiores. Así como en los pasillos 2 y 3, en este pasillo también se almacena en el piso *pallets* con producto preparado para ser despachado.

- Pasillo 5: en este pasillo se pueden almacenar hasta 448 *pallets*, de los cuales 80 posiciones son únicamente para *picking* de cajas (peletería y tambores), y las demás posiciones superiores son para el almacenamiento de peletería de reserva.
- Pasillo 6: este pasillo posee una capacidad de almacenamiento de 456 *pallets* con *racks* de doble fondo, de los cuales 84 posiciones son destinadas para el *picking* de litros y tortas. En este pasillo se almacenan restrictivamente litros y tortas debido a que de esta forma se puede reabastecer el *picking* con mayor agilidad.

Al realizar la sumatoria de las posiciones por pasillo, se puede determinar que la cámara tiene una capacidad de almacenamiento de 2308 *pallets*.

Recorrido para la preparación de un pedido

Por medio de observación en el lugar de trabajo, se tiene que el recorrido que siguen los camareros al momento de preparar el pedido se realiza según lo que se muestra en la Figura 3.8 y está representado por líneas entrecortadas, se puede observar que se comienza en la pre-cámara, y dependiendo si el camarero va a preparar litros o cajas se dirige al pasillo 6 o pasillo 5 respectivamente. Una vez dentro del almacén, el camarero sitúa el *pallet* vacío en una de las posiciones marcadas con un punto en la Figura 3.8, de tal forma que los SKU que va a colocar en el *pallet* son los más cercanos al punto de preparación escogido. Las líneas entrecortadas muestran el flujo de personal que se encuentra preparando un pedido a través del pasillo 5 y 6.

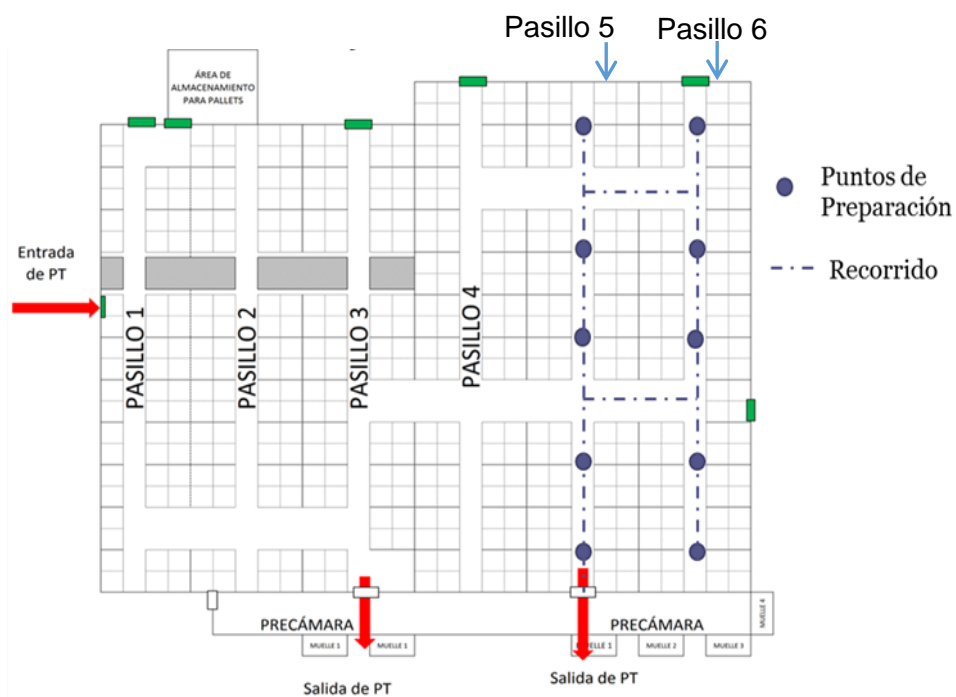


FIGURA 3.8 RECORRIDO PARA LA PREPARACIÓN DE UN PEDIDO

3.7. Análisis de los SKU

Clasificación ABC

Para este estudio se divide la bodega en dos sectores principales: reserva y *picking*. Por lo tanto se realiza un análisis ABC para ambos sectores.

a) Análisis ABC para la zona de reserva.

Para el sector de reserva se tiene disponible 2080 posiciones distribuidas para los 74 SKU's que se manejan. El análisis ABC se realiza según la demanda promedio por *pallet* mensual basada en datos históricos del año 2013, este análisis se lo

realizó de manera general para todos los SKU's que maneja el almacén. Se puede observar en el Anexo B, que 35 ítems pertenecen a la clasificación A, 17 a clase B, y 22 a clase C. Este resultado implica que el 80% de las ventas está concentrado en el 47% de los artículos, el 15% de las ventas está representado en el 23% de los productos y el 5% de las ventas se encuentra en el 30% de los productos.

b) Análisis ABC para el almacén la zona de picking.

El análisis ABC se realiza según la demanda promedio por *pallet* mensual basada en datos históricos del año 2013, estos datos son distintos a los utilizados para el análisis de reserva; ya que las demandas y *stock* en el área de *picking* son menores.

Para el sector de *picking* se tiene 82 posiciones en las cuales se pueden colocar dos *pallets* en cada una de ellas debido a que los *racks* son de doble profundidad, estas posiciones están destinadas para los 57 SKU's que se manejan en la zona de *picking*. En este sector se dividen en litros, cajas y tambores para lo cual se tiene asignado 32 posiciones para cajas, 36 posiciones para litros y 14 para tambores; esta distribución es

determinada a partir de las ubicaciones actuales de la bodega y acorde a los niveles de producción, que indican que se produce más cajas y litros que tambores. El análisis ABC se realiza, de manera similar al que se describió anteriormente para el sector de reserva.

Se puede observar en el Anexo C que 27 productos corresponden a la clasificación A, 14 en categoría B y 16 en C. Además, se puede observar que en la clasificación A el 70% de los productos corresponden a cajas y el resto son litros; por otro lado en la clasificación B, se tiene que el 57% de los productos son litros y la diferencia son cajas, finalmente en la categoría C se encuentra que el 81% de los productos son tambores y los demás cajas y litros.

Así, se puede concluir que los productos de mayor rotación en la bodega son principalmente cajas y los de menor rotación son los tambores, este último se encuentra exclusivamente en la categoría C, indicando que ninguno de ellos tiene una frecuencia de despacho elevada.

La empresa en estudio posee una mayor cantidad de productos en la clasificación A, lo que puede implicar que tiene elevados niveles de ventas para un gran porcentaje de sus artículos.

Además, en el sector de *picking* a partir del análisis ABC, se puede definir el número de posiciones para cada SKU de cajas, litros y tambores; esto se determina a través de la frecuencia y las posiciones disponibles para el área de *picking*.

Índice de rotación

El índice de rotación se determinó a partir de la demanda promedio y el *stock* promedio mensual, calculado según datos históricos del año 2013. El índice de rotación se calcula para cada área: *picking* y reserva por separado para cada uno de los SKU's.

a) Índice de rotación para la zona de reserva.

Se puede observar en el Anexo B, que aquellos ítems que se encuentra en categoría A poseen en su mayoría un alto grado de rotación. Puede ocurrir que un producto C, tenga un grado de rotación un poco elevado lo cual indicaría que aunque es un producto que se mueve bastante, su volumen de venta no es muy grande; lo que indica que se despacha varias veces pero

en cantidades pequeñas. Como se puede apreciar en el Anexo B, el SKU código 549103 correspondiente a la categoría C de la familia de los tambores, cuya rotación es 3,47, una de las más altas de la categoría C, y su demanda un *pallet*, lo cual indica que es un producto que se mueve algunas veces en el mes; sin embargo, también hay que considerar que la rotación es elevada dado que el *stock* promedio para este producto es bajo.

b) Índice de rotación para la zona de *picking*.

En el Anexo C, para el área de *picking* se pueden observar índices de rotación muy elevados en comparación con el área de reserva, esto se debe a que en *picking* se tiene posiciones limitadas dado que esta área es destinada a sólo dos pasillos de toda la bodega, por lo tanto el *stock* promedio que se mantiene para estos SKU's se mueve con mayor frecuencia.

Como se puede apreciar en el Anexo C, para el área de *picking* el SKU con código 964696 perteneciente a la categoría A de la familia de cajas tiene una rotación de 35,2, resultado de una demanda de 70 *pallets* y un *stock* promedio de 2 *pallets*, mientras que en el área de reserva este mismo código

también pertenece a la categoría A de la familia de cajas, pero tiene una rotación de 3,84, resultado de una demanda de 116 *pallets* y un *stock* promedio de 30 *pallets*.

Por otro lado, un producto que sea clasificación A en reserva, en el sector de *picking* puede pertenecer a B. Esto está relacionado directamente con el volumen de ventas de cada SKU y por la forma en que se distribuye cuando son innovaciones. Por ejemplo está el caso del código 547805 que es categoría A en reserva pero en *picking* es B. Este producto en el 2013 estaba introduciéndose en el mercado, por lo tanto existía una gran demanda y se despachaba en su mayor parte en *pallets* enteros lo cual explica la clasificación A de este SKU en el área de reserva.

Índice de cobertura

El índice de cobertura tiene una función inversa al índice de rotación, es decir que a menor grado de rotación se tiene una mayor cobertura. Por lo tanto, en el análisis tanto para el área de *picking* como para el sector de reserva se puede observar que los artículos con mayor cobertura en su mayoría se encuentran en la clasificación C.

a) Índice de cobertura para la zona de reserva.

En el Anexo B para área de reserva se puede observar dos casos particulares con una cobertura muy elevada, los códigos 942860 y 552812 con una cobertura de 318 y 297 días respectivamente; estos índices altos son debido a la baja demanda de estos SKU's y al alto *stock* que se mantiene en la bodega. Esta situación es un punto de mejora que se puede realizar, dado que al ser productos de poca rotación, se puede aprovechar mejor el espacio disminuyendo los días de cobertura asignando dichas posiciones para almacenar otros ítems que sean más solicitados.

Sin embargo, esto no significa que en la categoría A no se encuentren productos con una cobertura significativa, por ejemplo el código 547805 tiene una cobertura de 33,35 días, y una rotación cercana a 1, con una demanda de 20 *pallets* y un *stock* promedio de 22 *pallets*, lo cual indica que se despacha una vez en el mes pero en grandes cantidades, por tal motivo tiene dicho valor en su cobertura.

b) Índice de cobertura para la zona de *picking*.

En el Anexo C para el área de *picking* se puede observar que absolutamente todos los ítems con cobertura mayor están en la categoría C; además, los días de cobertura son muchos menores comparados con los obtenidos en el área de reserva, esto se debe justamente por ser el área de *picking* y tener limitadas posiciones para esta tarea, por esta razón es necesario realizar frecuentemente reaprovisionamiento en esta área. La mayor cobertura para *picking* es 20 días mientras que para el área de reserva es 318 días.

Ahora, revisando un caso muy puntual para ilustrar lo descrito anteriormente, se tiene el SKU con código 552195 en *picking* perteneciente a la categoría A de la familia de litros, posee una cobertura de aproximadamente 2 días, mientras que este mismo SKU en categoría A para el área de reserva, presenta una cobertura de 11 días.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE CAUSAS Y PROPUESTAS DE MEJORA

4.1. Identificación de las causas de los problemas encontrados

Situación actual de reserva

Actualmente, la bodega posee de 3 a 5 niveles, sin embargo para este estudio se ha considerado mostrar la ubicación de los SKU's que se encuentran en el nivel 3, y el producto de este nivel se asume que se encuentra en toda la columna.

La decisión de realizar la presentación de los SKU's en el nivel 3, es debido a que en el nivel 1 se encuentran las posiciones correspondientes a *picking*, por otro lado, dado la existencia de túneles en la bodega, algunas columnas empiezan a partir del nivel 3; tal como se observa en la Figura 4.1. Esta consideración es para la sección de reserva.

En la Figura 4.2, se muestra la distribución actual de los SKU en el almacén representado por colores en escala de grises. La tonalidad gris más oscura es para SKU's con mayor demanda (A), los bloques de tonalidad gris intermedio son los SKU's con demanda B y los recuadros con tono gris claro son los SKU's con demanda C.

La zona de reserva es ocupada aproximadamente en un 67% por SKU's de clase A. Además, se puede notar que en la bodega no existe orden al momento de perchar los productos, ya que se encuentran mezclados todos los tipos de SKU y no hay diferenciación.

A lo largo del Pasillo #4 existe una gran concentración de productos B y C, mientras que en los demás pasillos lo que más resalta son los productos A. Esta disposición de los productos dentro del almacén puede llegar a ser poco eficiente, ya que al tener todo un pasillo con productos de baja y mediana rotación se podría convertir en un pasillo muerto, es decir con poco movimiento de producto.

Se debe tener presente que para todas las posiciones en el *layout* se ubica el mismo SKU en ambas profundidades del *rack*, sin embargo en la Figura 4.2 se puede observar que existen posiciones en las que

se han asignado SKU's distintos en cada profundidad, estos casos son exclusivamente de todos los productos que son tambores, ya que estos ítems por lo general se almacenan en el nivel 1, pero dado que se está usando como referencia el nivel 3, se han ubicados todos los productos en dicho nivel. Por lo tanto, cuando se presente este caso se debe asumir que el ítem que no sea tambor estará ubicado a partir del nivel 2 en adelante en ambas profundidades.

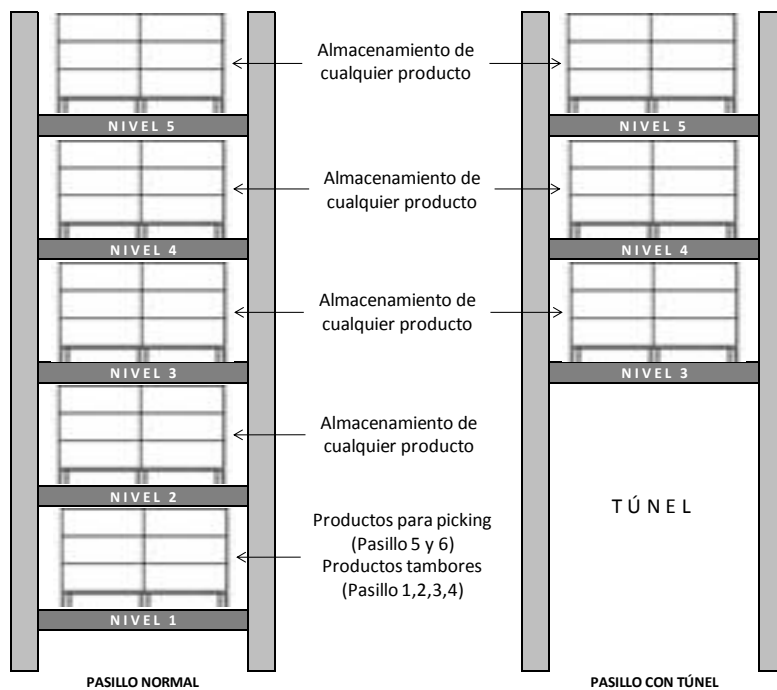


FIGURA 4.1 UBICACIÓN DE LOS PALLETS POR NIVELES EN EL RACK

TABLA 5 DESCRIPCIÓN DE LOS COLORES DE LAS DEMANDAS DE LOS SKU EN RESERVA.

RESERVA		PICKING*											
ÁREA DE ALMACENAMIENTO PARA PALLETS		*RESERVA A PARTIR DEL NIVEL 2											
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	116,92	6,46	4,33	40,95	40,95	1,93	1,56	6,25	23,37
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	54,14	54,14	6,30	8,25	8,25	26,67	26,67	8,25	9,75
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	1,23	1,23	11,25	10,85	116,92	5,46	1,56	35,10	11,75
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	1,88	1,23	6,30	6,30	13,53	13,53	5,46	3,90	6,59
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	35,10	35,10	23,81	23,81	33,47	33,47	13,48	40,95	26,67
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	35,10	40,00	15,59	15,59	16,65	16,65	35,10	7,63	6,59
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	40,00	40,00	6,30	6,30	6,30	6,30	23,37	11,75	33,47
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	40,00	40,00	23,81	3,90	33,47	33,47	15,59	15,59	33,47
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	2,43	40,95	15,59	15,59	15,59	15,59	5,23	9,54	10,86
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	2,43	116,92	10,73	27,11	11,75	13,48	15,59	33,47	11,75
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	1,23	40,00	10,66	10,66	116,92	11,75	11,75	15,59	35,10
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	1,41	22,27	13,53	13,53	11,75	11,75	35,10	14,64	10,73
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	3,23	22,27	6,59	6,59	33,47	33,47	11,75	33,47	33,47
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	2,04	116,92	9,48	9,48	16,64	27,11	11,75	11,75	11,75
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	26,67	8,25	13,48	13,48	6,30	6,30	33,47	33,47	9,54
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	8,25	13,57	9,80	27,11	116,92	27,11	13,48	9,48	9,54
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	1,18	17,11	20,14	20,14	14,23	14,23	33,47	33,47	54,14
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	1,88	116,92	10,66	14,23	4,76	27,11	33,47	33,47	13,53
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	54,14	10,85	1,56	1,56	23,81	23,81	12,16	7,63	7,63
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	5,23	54,14	20,63	1,32	33,47	33,47	10,73	33,47	35,10
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	1,62	1,62	14,23	12,08	7,63	7,63	13,48	13,48	6,59
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	54,14	5,46	27,80	12,08	33,47	33,47	9,54	9,48	12,16
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	17,11	20,23	20,63	12,08	33,47	33,47	12,16	12,16	13,48
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	20,23	1,56	20,63	20,63	4,76	4,76	12,16	12,16	12,16
0,00	0,00	116,92	1,93	116,92	2,76	2,76	23,81	23,81	4,76	4,76	12,16	12,16	12,16

FIGURA 4.2 SITUACIÓN ACTUAL DE RESERVA

C	Rango de demanda	
	0,91	2
2	4	
4	5	
5	7	
7	9	
9	11	
11	47	
47	82	
82	117	

En las siguientes secciones de este proyecto se determinará una mejor distribución de los SKU la zona de reserva, agrupando los productos a partir de su clasificación ABC, buscando la disminución de los movimientos dentro de esta área. Así, los SKU's se ubicarán cerca de las puertas de acuerdo a su necesidad, ya sea de las dos puertas de despacho de *pallets* enteros o la puerta que se dirige a la zona de *picking*.

Situación actual de *picking*

En la Figura 4.3, se muestra la distribución actual de los SKU's en el área de *picking* representado por escala de grises, la cual indica la demanda de los productos; el tono gris más oscuro representa aquellos productos de mayor demanda (A), los de color gris intermedio son los SKU con demanda B y los de tonalidad gris clara corresponden a los productos de demanda C.

TABLA 6 DESCRIPCIÓN DE LOS COLORES DE LAS DEMANDAS DE LOS SKU EN PICKING

Rango de demanda			
C	0	4	
	4	9	
B	9	15	
	15	22	
A	22	46	
	46	70	

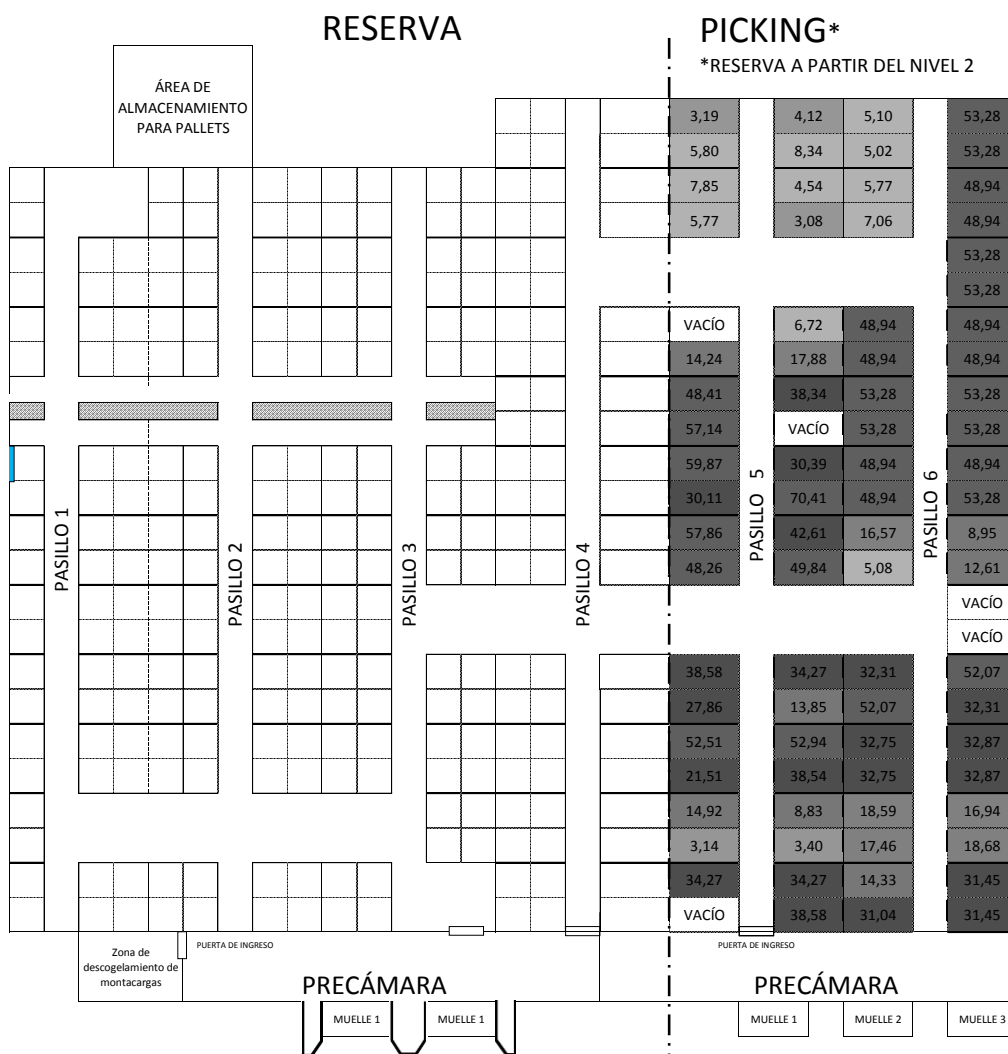


FIGURA 4.3 SITUACIÓN ACTUAL DE PICKING

Al igual que en el área de reserva, se puede observar que, en el *layout* de *picking* la mayor proporción de productos pertenecen a la categoría A, es decir son de alta rotación, lo cual se justifica dado que es la zona donde se preparan los pedidos para despacho. De la misma manera, se debe tener presente que se asigna el mismo SKU para ambas profundidades del *rack*. Para esta zona, se conoce que todos los SKU's serán almacenados en el nivel 1, que es el nivel destinado exclusivamente para *picking*, y los productos se ubican en los pasillos 5 y 6.

En la Figura 4.4, se puede notar que la zona de *picking* está seccionada según las familias que existen (cajas, litros y tambores), aunque la ubicación de los SKU's dentro de cada sección no sigue un orden en particular dado que existen productos de alta rotación lejos de la puerta y productos de baja rotación cerca de ella.

A diferencia de la zona de reserva, donde la restricción principal de ubicación es la rotación de los productos y su distancia a las puertas, en el área de *picking* se debe tener en cuenta otras consideraciones, como la siguiente: dentro de la familia de cajas existen productos que son similares entre sí ya sea por su nombre, presentación o peso; estos productos no pueden ser almacenados de forma adyacente ya

que esto genera errores al momento de la preparación de los pedidos. La diferenciación estos productos se presentan en la Matriz de Incompatibilidades en el Anexo D. Sin embargo, en la configuración actual se dan algunos de estos casos como se puede observar en el Anexo E, el SKU con código 965174 está ubicado alado del SKU con código 959381 en el pasillo 5, estos SKU's pertenecen a la familia cajas y son productos similares.



FIGURA 4.4 FAMILIAS DE SKU'S EN PICKING

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa fue utilizado como una herramienta de análisis del problema para enlistar las causas derivadas del problema presentado al inicio de este proyecto. Para determinar el problema se realizaron observaciones directas en el piso de trabajo y una lluvia de ideas por medio de entrevistas con el personal del centro de distribución y una recopilación de las horas-hombre mensuales de las actividades de la bodega.

El problema que se planteó en la sección 1.2 del Capítulo 1 es: tiempo elevado en la preparación de pedidos de la bodega. En el diagrama de Ishikawa se emplearon 4 M's (Mano de obra, Método, Medio ambiente y Máquinas). Los resultados obtenidos se encuentran resumidos en la Figura 4.5.

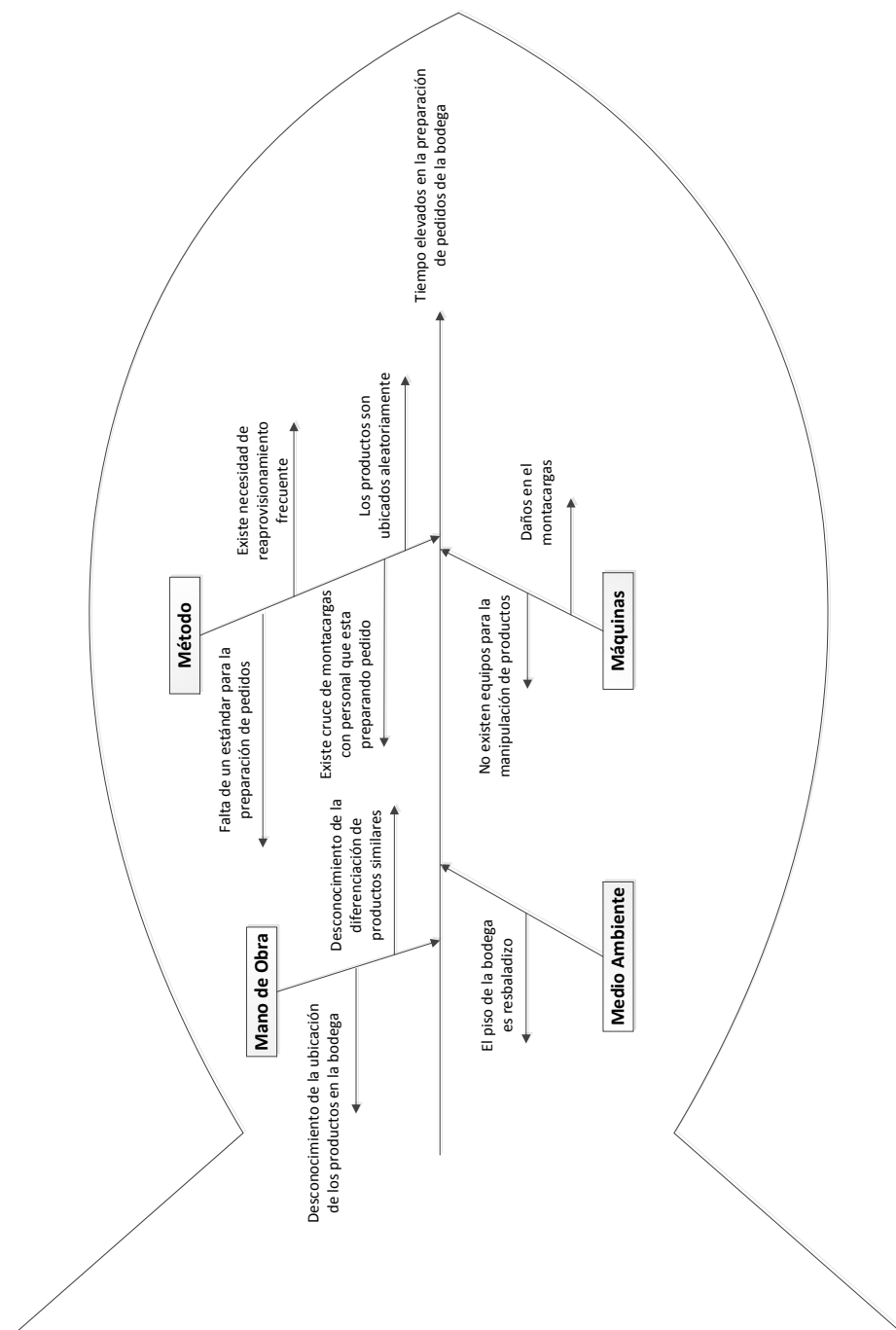


FIGURA 4.5 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

En lo que respecta a Mano de obra se tiene el desconocimiento de la ubicación de los productos dentro de la bodega por parte del personal. Además, existe desconocimiento de la diferenciación de productos similares dentro de una familia, específicamente dentro de la familia cajas.

Para el caso de Medio ambiente, se determinó que el piso del almacén es resbaladizo dado que la mayor parte del tiempo se encuentra cubierto de escarcha. Es importante mencionar, que el personal que entra a la bodega debe usar equipos de protección personal para trabajar en frío como son: botas para frío, polines, guantes de lana (para frío) y guantes de pupos (para agarre), capucha, abrigo, traje para frío.

El aspecto de Máquinas se pudo constatar que no se cuenta con un equipo para la manipulación de productos, por ejemplo una carretilla. Esta situación se la pudo determinar en el piso del trabajo, luego de observar a los operadores cargando cajas de un lado a otro en cantidades pequeñas y varias veces durante el día. También se pudo notar que existen ciertos inconvenientes para bajar los productos de las perchas, dado que se presentan daños en los montacargas.

Por último, se tiene el Método, en el cual se pudo encontrar que no hay un procedimiento que indique a los trabajadores la forma en la cual se deben de preparar los pedidos. También, se pudo determinar que existe un cruce entre los montacargas y el personal que realiza la operación de preparación. Además, se determinó que existe una necesidad de reaprovisionamiento frecuente en el área de *picking* y que los productos son ubicados aleatoriamente dentro de la bodega, de acuerdo a los espacios disponibles que existan al momento del ingreso de producto que viene de la planta.

Es así, que se encuentran varias causas que influyen en los tiempos de preparación de los pedidos, en la siguiente sección se determinará las causas que tienen mayor impacto y luego a través del análisis de “Los 5 por qué” se definirá finalmente la causa raíz.

Matriz de priorización de causas

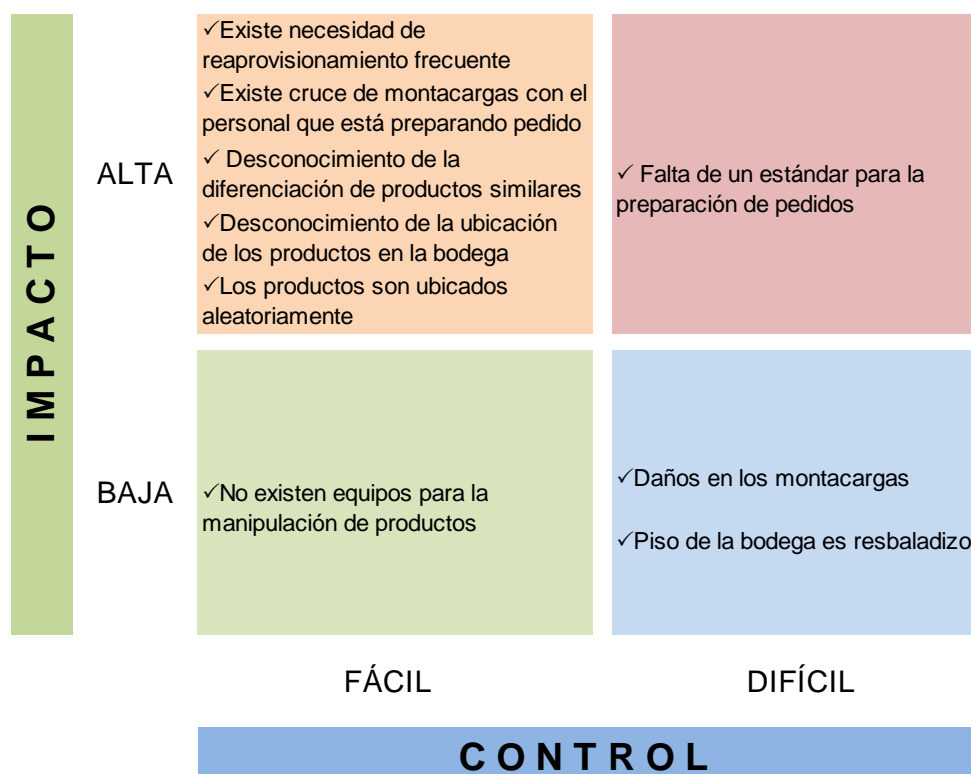


FIGURA 4.6 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE CAUSAS

En la matriz presentada anteriormente, se muestra las causas obtenidas en el diagrama Ishikawa y se las clasifica según el impacto que tengan en la mejora del problema en estudio y la factibilidad de controlar la situación.

Se clasificaron las causas según su nivel de impacto siguiendo criterios de: gravedad, desempeño laboral y satisfacción del cliente. Se validó el nivel de impacto y se determinó el nivel de control de

estas causas según la experiencia en la actividad de preparación de pedidos del responsable de la bodega en estudio.

Es así, que las causas que se encuentran en el cuadrante de alto impacto y fácil control, son aquellas en las que se pondrá mayor énfasis. Además, en la siguiente sección se presentarán soportes para la existencia de estas causas.

Verificación de las causas

En esta sección se procede a verificar la existencia de las causas consideradas de alto impacto y fácil control.

Para la causa referente a los productos ubicados aleatoriamente se puede apreciar en el Anexo E, los productos están ubicados de manera aleatoria en la bodega según la disponibilidad de espacios al momento de los ingresos de producción. Se puede observar que productos con alta rotación están lejos de la puerta mientras que otros con rotación baja se encuentran cercanos a ella.

La siguiente causa menciona que existe necesidad de reaprovisionamiento frecuente, lo cual se sustenta en los bajos niveles de cobertura presentados en el Capítulo 3 para cada uno de

los SKU's que conforman la zona de *picking*, donde la mayoría de los productos de alta rotación presentan un índice que oscila entre 1 y 3 días. Además, según se observa la Figura 4.3, los productos A sombreados de gris oscuro son los dominantes en la zona de *picking* por lo tanto la necesidad de reaprovisionamiento de *picking* ocurre frecuentemente.

La causa relacionada con el cruce de montacargas con el personal que está preparando pedido, se sustenta con las evidencias expuestas para las causas anteriores, dado que suelen existir conflictos de tránsito interno y movimientos innecesarios tanto de montacargas como de personas.

La causa del desconocimiento de la diferenciación entre productos similares, se evidencia a través de un ejemplo; como se puede observar en la Figura 4.8, al momento que el contenedor llegó donde el cliente y se procedió a realizar la descarga del producto se notificaron faltantes y sobrantes en el *pallet #8* por parte del cliente. Al momento de cargar se despacharon 90 cajas del SKU 956495, mientras que para el SKU 956499 se enviaron 60. Los faltantes y sobrantes de cada SKU fueron errores por tratarse de SKU's similares.

Con el mismo diagrama se puede explicar la causa referente al desconocimiento de la ubicación de los productos, el diagrama no es el más adecuado al momento de preparar, por ejemplo en el *pallet* #8, tenemos los productos 956495, 956499 y 571418, de los cuales los dos primeros se encuentran en posiciones cercanas en el *picking* pero el tercero se encuentra al otro lado del pasillo, lo cual genera un mayor movimiento para el personal operativo, tal como se puede apreciar en la Figura 4.7.

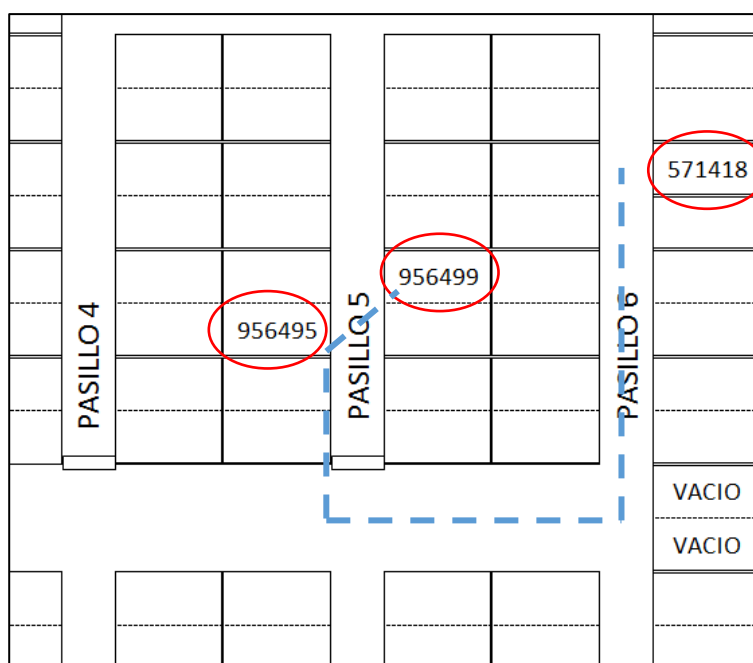


FIGURA 4.7 EJEMPLO DE TRASLADO DEL PERSONAL OPERATIVO

DESTINO: CUMCA 21/11/2014

PALET 1 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		205	PROB
88283		848	
		703	

PALET 2 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		408	5183
88283		135	5183
88284		185	5183
		728	

PALET 3 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88281		45	5183
88284		158	5183
88282		108	5183
88283		180	5183
88281		131	5183
		622	

PALET 4 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		842	5183
88283		235	5183
88284		90	5183
		1167	

PALET 5 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		325	5183
88283		320	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		645	

PALET 6 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		325	5183
88283		320	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		645	

PALET 7 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 8 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 9 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 10 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 11 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 12 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 13 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 14 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 15 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 16 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 17 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 18 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 19 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
88282		220	5183
88283		220	5183
88281		180	5183
88284		220	5183
		640	

PALET 8 TORRES			
CODIGO	DESCRIPCION	CANT	LOTE
956495		80	5183
956499		70	5003
571418		100	5183
		250	

FIGURA 4.8 EJEMPLO DE UN ACTUAL DIAGRAMA DE CARGA TARJADO DE LA EMPRESA

Análisis de los 5 ¿por qué?

En la Tabla 7, se profundizó en las causas clasificadas en el cuadrante de alto impacto y fácil control presentado en la sección 4.1.4, se llegó hasta el tercer “por qué” en el cual se puede definir la causa raíz del problema de los tiempos elevados en la preparación de los pedidos.

TABLA 7 LOS 5 ¿POR QUÉ?

Causa	1 Por qué	2 Por qué	3 Por qué
Existe necesidad de reaprovisionamiento frecuente	La capacidad de almacenamiento no satisface la demanda	Se asignan empíricamente las posiciones de picking disponibles para cada SKU	No existe una correcta designación de capacidad en el picking para los SKU
Existen cruces entre el montacargas con el personal que está preparando pedido	El personal y operadores de montacargas deben recorrer largas distancias para llegar a su destino	Productos se encuentran lejos de los puntos de preparación de pedidos	La asignación de los SKU's no sigue un orden
Desconocimiento de la diferenciación entre productos similares	En el picking se encuentran productos con las mismas formas de cajas, peso y nombre parecido en posiciones cercanas	No existe control para la ubicación de productos similares	
Desconocimiento de la ubicación de los productos en la bodega	El personal no ha sido capacitado	Las posiciones no son fijas	No se ha determinado una ubicación de los SKU's en picking
Los productos se encuentran ubicados aleatoriamente en el almacén	Las posiciones del picking no son fijas	No existe un orden de ubicación de los productos	

Las causas principales se las muestra en la Tabla 8, además se indican las soluciones posibles para corregir cada una de ellas.

TABLA 8 GENERACIÓN DE SOLUCIONES POR CADA CAUSA

Causas raíz	Solución
No existe una correcta designación de capacidad en el picking para los SKU	Asignación de capacidades según rotación y cobertura
La asignación de los SKU's no sigue un orden	Realizar un análisis ABC y reubicar los productos
No existe control para la ubicación de productos similares	Realizar un análisis de compatibilidad y capacitar al personal
No se ha determinado una ubicación de los SKU's en picking	Reubicación de los Sku's en la bodega y capacitación de personal
No existe un orden de ubicación de los productos	Realizar un análisis ABC y reubicar los productos

En este proyecto se trabajó en las soluciones que satisfacían a la mayoría de las causas. Estas soluciones fueron realizar un análisis ABC y reubicar los SKU's en la bodega. Además, de acompañar estas actividades con la capacitación del personal administrativo y operativo de la bodega en cuanto a los cambios en las ubicaciones de los productos.

Se propone como una estrategia de solución para la reubicación de los SKU's dentro de la bodega, la formulación de un modelo matemático.

4.2. Diseño y elaboración de las propuestas

4.2.1. Formulación del modelo

La bodega que se maneja es de almacenamiento basado en la clase, con un almacenamiento aleatorio dentro de cada clase. Para este caso, las clases son denominadas familia: litros, cajas y tambores, es así que la zona de *picking* tiene seccionada sus posiciones para estos tres grupos tal como se muestra en la Figura 4.9.

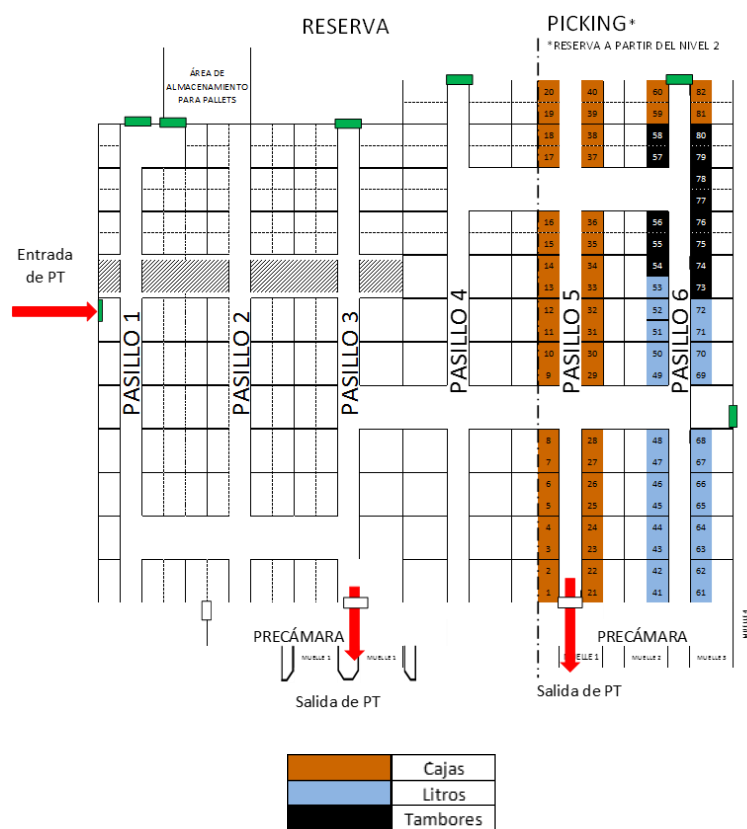


FIGURA 4.9 DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE SKU'S EN EL PICKING

Se tienen entonces 82 posiciones de doble profundidad y se propone distribuidas de la siguiente manera: 44 para cajas, 25 para litros y 13 para tambores. Estas posiciones son determinadas a partir del *stock* promedio de cada SKU y según su clasificación ABC, asignándole a las categorías A y B más posiciones que a las C.

El modelo utilizado para determinar una mejor configuración de los SKU's en la bodega surge a partir del tradicional problema de asignación descrito por Hillier (2010) con ciertas modificaciones en cuanto a restricciones de la operación siguiendo modelos presentados por Sanei (2011) y Tompkins (2010) (6) (13) (14).

Finalmente, se trabajó con un modelo de programación entera, debido al uso de variables binarias.

Supuestos

- De los 74 SKU's que se manejan, sólo 57 de ellos requieren de almacenamiento en la zona de *picking*; dado que las bandejas tanto de litros como tortas se despachan únicamente como *pallets* enteros.
- La cantidad de *pallets* requeridos por SKU es conocida.

- La bodega se secciona en tres partes, por lo tanto se forman grupos con las posiciones correspondientes a cada familia, y los SKU's correspondientes a cada familia, siendo estos parámetros de entrada.
- Las posiciones son pre-establecidas, es decir, el número de columnas y los niveles de almacenamiento no varían.
- El primer nivel tanto para el pasillo 5 y el pasillo 6 se lo utiliza únicamente para realizar la actividad de *picking*.
- Se cuentan con 10 puntos de preparación y las distancias de cada posición a los distintos puntos de preparación es conocida y rectilínea.

Parámetros

S_j : Número de posiciones requeridas para el producto j .

T_j : Número de viajes por producto j .

d_{ki} : Distancia requerida para ir de la posición k al punto de preparación i .

P_1 : Conjunto de posiciones correspondientes a la familia 1.

P_2 : Conjunto de posiciones correspondientes a la familia 2.

P_3 : Conjunto de posiciones correspondientes a la familia 3.

F_1 : Conjunto de productos correspondientes a la familia 1.

F_2 : Conjunto de productos correspondientes a la familia 2.

F_3 : Conjunto de productos correspondientes a la familia 3.

C : $N \times N$ matriz binaria con componente $c_{jj'}$, igual a 1 cuando el producto j es similar al producto j' caso contrario, 0.

Subíndices

k : Índice de posiciones $k = 1, 2, \dots, p$

j : Índice de productos o SKU's $j = 1, 2, \dots, n$

i : Índice de puntos de preparación $i = 1, 2, \dots, m$

Variables

x_{jki} : Variable binaria que es 1 si el producto j es ubicado en la posición k y se prepara en el punto i , caso contrario es 0.

Modelo matemático

Función objetivo

$$\text{Minimizar } Z: \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \frac{T_j}{S_j} \left(\sum_{i=1}^m d_{ki} x_{jki} \right) \quad [1]$$

s.t.

$$\sum_{j \in F_1} \sum_{i=1}^m x_{jki} \leq 1; \quad k \in P_1 \quad [2]$$

$$\sum_{j \in F_2} \sum_{i=1}^m x_{jki} \leq 1; \quad k \in P_2 \quad [3]$$

$$\sum_{j \in F_3} \sum_{i=1}^m x_{jki} \leq 1; \quad k \in P_3 \quad [4]$$

$$\sum_{k=1}^p \sum_{i=1}^m x_{jki} = S_j; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad [5]$$

$$\sum_{i=1}^m x_{jki} = 0; \quad k \in P_2 \quad j \in F_1 \quad [6]$$

$$\sum_{i=1}^m x_{jki} = 0; \quad k \in P_3 \quad j \in F_1 \quad [7]$$

$$\sum_{i=1}^m x_{jki} = 0; \quad k \in P_1 \quad j \in F_2 \quad [8]$$

$$\sum_{i=1}^m x_{jki} = 0; \quad k \in P_3 \quad j \in F_2 \quad [9]$$

$$\sum_{i=1}^m x_{jki} = 0; \quad k \in P_1 \quad j \in F_3 \quad [10]$$

$$\sum_{i=1}^m x_{jki} = 0; \quad k \in P_2 \quad j \in F_3 \quad [11]$$

$$\sum_{i=1}^m (c_{jj'} x_{jki} + c_{jj'} x_{j'(k+1)i}) \leq 1; \quad k \in P_1 \quad j \in F_1 \quad j' \in F_1 \quad [12]$$

$$x_{jki} \in (0,1) \quad \forall j, k, i \quad [13]$$

La función objetivo [1] minimiza las distancias recorridas a los puntos de preparación de los pedidos según la frecuencia de visitas a cada posición.

Las restricciones [2], [3], [4], aseguran la asignación de sólo un producto o SKU para cada posición en las secciones destinadas por familia, de esta manera en ambas profundidades de cada posición se encontrará un solo producto.

La restricción [5] implica la asignación de las posiciones requeridas por cada SKU, asegurando que no se asignen más de las necesarias.

Las restricción [6] asigna el valor de cero para las ubicaciones de los productos de la familia 1 en las posiciones correspondientes a la familia 2, de esta manera se asegura que los SKU's se ubiquen exclusivamente en las posiciones designadas para cada familia. La misma función tiene las restricciones [7], [8], [9], [10] y [11].

La restricción [12], garantiza que dentro de la familia 1, no se coloquen productos similares de manera adyacente, de esta forma se evitan confusiones al momento de preparar los pedidos; esta restricción sólo se aplica a la familia 1 dado que es sólo en esa familia que existen productos con características similares.

Finalmente la restricción [13] indica que la variable que se maneja es binaria.

4.2.2. Solución del modelo

El modelo descrito en la sección anterior fue resuelto en el software GAMS (*General Algebraic Modeling System*), que es un programa que permite la resolución de modelos matemáticos complejos. Debido al tamaño del modelo planteado, la versión estudiantil del software no logró hallar solución. Por lo tanto se utilizó un *solver* disponible online, mediante una herramienta proporcionada por la Universidad de Wisconsin-Madison, *Neos Solvers*, que es un portal que presenta un listado de *solvers* para problemas matemáticos dependiendo de su tipo y admite distintos lenguajes de entrada, entre ellos GAMS (15).

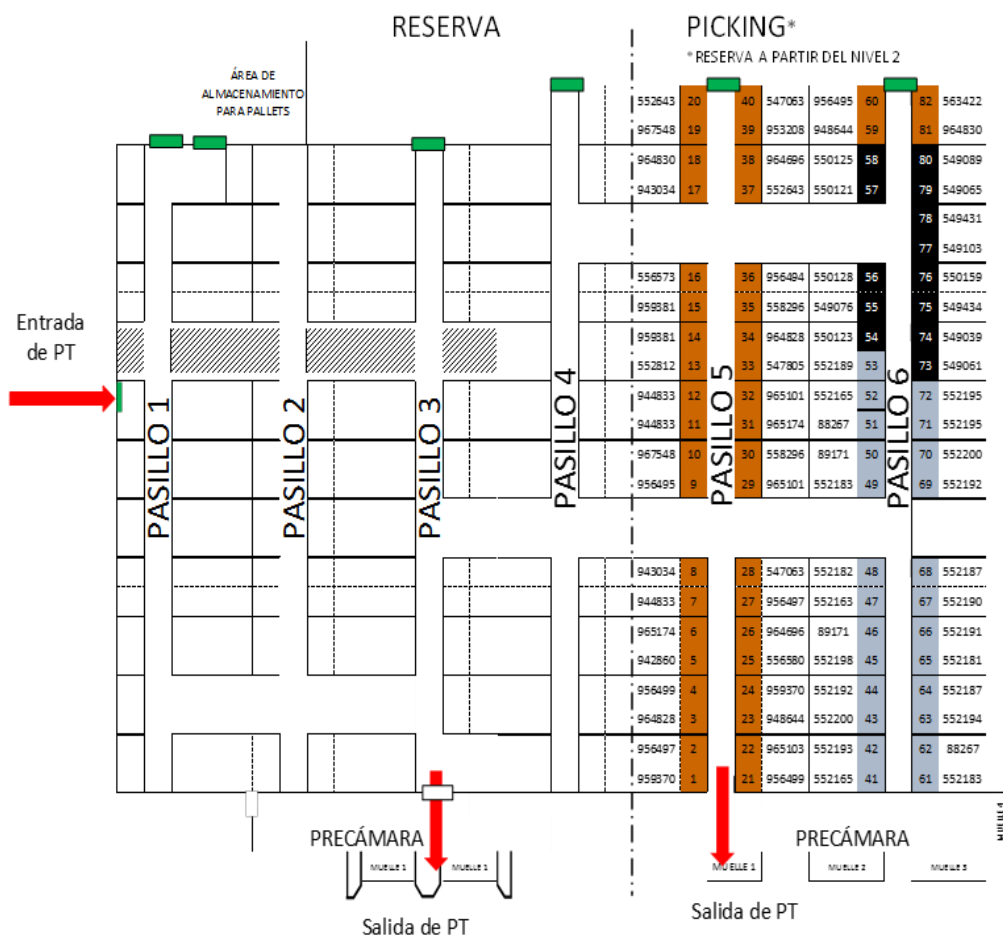
En este caso, tal como se mencionó en la sección anterior, el problema planteado es un problema de programación entera; y se utilizó para la resolución el solver Gurobi.

Los resultados obtenidos para la variable de decisión x_{jki} se tabulan en el Anexo F.

4.2.3. Propuestas de mejora

Propuesta de *picking*

Para definir una propuesta de reubicación de los SKU's en la zona de *picking*, se utilizaron los resultados obtenidos en el modelo matemático y que se puede ver en el Anexo F, se indica la ubicación de cada uno de los 57 SKU's en las distintas posiciones de la bodega. Cabe recalcar que los SKU's fueron asignados por familia según las secciones en las que está dividida la bodega. Además, se procedió a verificar que se cumplieran las restricciones descritas en el modelo, con respecto a similitudes de producto y asignación de un solo SKU por posición. Por ejemplo, el SKU código 964696 y el SKU código 959381 pertenecen a la familia de cajas y según la Matriz de Incompatibilidades que se muestra en el Anexo D, estos productos no pueden estar ubicados en posiciones cercanas, tal como se puede observar en el *layout* de la Figura 4.10, estos SKU's se ubican en la sección de cajas en las posiciones 26 y 15 respectivamente.



**FIGURA 4.10 RESULTADOS DE LA DISTRIBUCIÓN
PROPUESTA EN PICKING SEGÚN EL MODELO MATEMÁTICO**

Propuesta de reserva

Para definir una propuesta de reubicación de los SKU's que conforman el almacén general o reserva de la bodega; se utilizó principalmente dos criterios

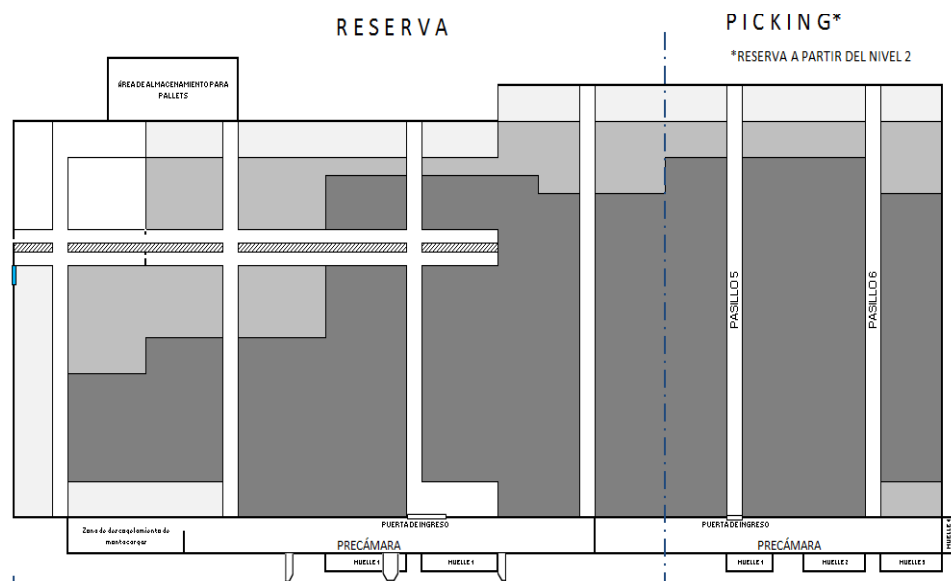
1. Clasificación ABC: se utiliza este criterio con el fin de seccionar la bodega según la demanda de sus

productos, de esta manera se establecen las regiones macro en las que serán ubicadas los materiales. Este análisis se realizó previamente en el Capítulo 3, y se puede observar en el Anexo B. La cantidad de posiciones designadas para cada SKU, se determina a partir de la frecuencia de *stock* promedio, y conociendo también la cantidad total de posiciones disponibles para reserva, que corresponde a 2,080 ubicaciones.

En la Figura 4.11 se presenta la configuración propuesta para el área de reserva de la bodega, diferenciando los productos ABC por tonalidades: fuerte, medio y claro, respectivamente.

TABLA 9 DESCRIPCIÓN DE LOS COLORES DE LA DEMANDA

	Rango de demanda
C	
B	
A	



**FIGURA 4.11 RESULTADOS DE LA DISTRIBUCIÓN
PROPUESTA EN RESERVA**

- Ratio recepción/despachos: una vez que se tiene seccionada la bodega, aún se debe decidir en qué posición ubicar cada uno de los SKU's, este ratio permite asignar los productos de cada región más cerca o más lejos de las puertas de recepción y/o despacho de acuerdo a su necesidad de tal manera que se minimicen las distancias recorridas.

En el Anexo G se presenta una tabla donde se encuentra el ratio calculado para cada uno de los 74 SKU's disponibles; el análisis de los valores posibles en este ratio fue descrito en el Capítulo 2.

Finalmente, se procede a reubicar los SKU's en la bodega, donde las restricciones existentes son: clasificación ABC y ratio recepción/despacho. Se debe tener en cuenta que los tambores van ubicados en el nivel 1. La Figura 4.12 presenta la propuesta mostrando el nivel 3 de almacenamiento y se asume la asignación de SKU's para toda la columna

Comparación actual vs propuesta - reserva

Una vez realizada la propuesta de reubicación de los SKU's en el área de reserva, se procede a medir la mejora; en este caso se lo hará en distancias recorridas. Se entiende por recorrido a la multiplicación de la distancia hacia una puerta y el número de veces que se recorre esa distancia, que está representada por la demanda promedio por *pallet*. Para realizar la comparación se requiere la siguiente información:

- Demanda promedio por *pallet*.
- Distancia y recorrido hacia la puerta del pasillo 3 (original y propuesta).
- Distancia y recorrido hacia la puerta del pasillo 5 (original y propuesta).
- Distancia y recorrido hacia la puerta de *picking* (original y propuesta).

Se consideran estas tres puertas dado que, la puerta del pasillo 3 y 5 son de uso exclusivo para aquellos productos que se despachan como *pallets* enteros y no pasan por la zona de *picking*, mientras que la puerta de *picking* es utilizada para el reaprovisionamiento de esta zona.

En el Anexo H, se puede observar las distancias entre las posiciones y las puertas.

En la Tabla 11, se muestra el listado de todos los códigos y los porcentajes de variación a las puertas. Los porcentajes negativos, que se encuentran sombreados, son las disminuciones o mejoras logradas con la propuesta, mientras que los porcentajes positivos son los incrementos que se presentan en la propuesta.

Lo esperado sería que existieran reducciones de porcentaje para todos los SKU's. Sin embargo, como se mencionó existen incrementos en algunos casos. Por ejemplo, el SKU con código 549061, presenta un incremento en los recorridos por ser un producto categoría C, de la familia de tambores, con una demanda baja, además el ratio recepción/despacho es elevado y se le asigna una ubicación lejana a las puertas de despacho; por tal motivo existe un incremento en su recorrido. Otro ejemplo, es el SKU con código 956499, el cual aunque es clasificación B, tiene un ratio recepción/despacho de 3,77 lo cual implica una ubicación no muy cercana a la puerta de despacho y justifica su incremento en recorridos para la propuesta.

Por lo tanto, los incrementos en los recorridos se dan, debido a que en productos C y algunos B con demanda baja, se asigna en la propuesta una ubicación más lejana debido a las bajas frecuencias de despacho, dando prioridad a que los productos con mayor demanda se ubiquen más cerca de las puertas.

TABLA 11 VARIACIÓN DE RECORRIDOS EN RESERVA

Código	Variación de recorridos		
	Hacia la puerta 3	Hacia la puerta 5	Hacia la puerta Picking
88267	-14,12%	-41,43%	-82,18%
89171	20,42%	-62,24%	-100,00%
96555	-31,82%	19,25%	0,00%
96557	-39,27%	-13,11%	0,00%
547063	72,15%	-9,47%	-100,00%
547805	62,38%	-11,20%	-71,43%
549039	23,81%	142,11%	260,00%
549061	72,22%	81,25%	185,71%
549065	20,00%	144,44%	277,78%
549076	13,92%	15,07%	23,91%
549089	33,93%	170,00%	356,52%
549103	0,00%	0,00%	0,00%
549431	-5,34%	2,65%	40,35%
549434	50,00%	55,56%	111,11%
550121	42,47%	116,47%	206,38%
550123	28,57%	147,37%	270,00%
550125	-9,52%	100,00%	190,00%
550128	13,64%	125,00%	218,18%
550159	0,00%	62,50%	128,57%
552163	-16,03%	64,89%	235,94%
552165	-8,76%	41,94%	0,00%
552181	-23,40%	14,73%	21,74%
552182	5,62%	5,31%	0,00%
552183	22,95%	18,42%	-100,00%
552187	-26,82%	-14,60%	89,95%
552189	-40,54%	576,19%	0,00%
552190	25,32%	46,34%	0,00%
552191	39,16%	76,67%	-100,00%
552192	4,60%	11,11%	0,00%
552193	6,40%	38,21%	148,48%
552194	-26,41%	68,44%	0,00%
552195	9,75%	-10,31%	-100,00%
552198	-41,07%	36,54%	194,44%
552200	-25,77%	-20,21%	13,15%
552643	0,00%	0,00%	0,00%
552803	35,71%	39,29%	0,00%
552812	-13,11%	80,91%	312,61%
552828	-42,86%	12,74%	0,00%
552851	-15,00%	35,71%	0,00%
552853	-18,45%	-12,55%	0,00%
552854	-30,86%	-44,14%	0,00%
552855	3,23%	7,04%	0,00%
552856	19,44%	14,94%	0,00%
552857	-55,94%	-12,94%	0,00%
552860	-36,21%	-3,76%	0,00%
552864	-37,65%	95,24%	0,00%
552872	36,97%	15,44%	0,00%
552876	7,81%	-10,71%	0,00%
552878	-14,29%	50,48%	0,00%
552880	-48,00%	-33,71%	0,00%
552893	-51,85%	10,14%	0,00%
556573	4,15%	50,60%	-9,62%
556580	-33,33%	91,30%	0,00%
558296	104,57%	-22,44%	-100,00%
563422	0,00%	0,00%	0,00%
942860	144,51%	9,79%	-31,95%
943034	53,41%	-35,90%	-100,00%
944833	15,79%	-51,57%	-70,88%
948644	55,75%	-35,37%	-100,00%
953208	-3,93%	-32,05%	-23,91%
956494	35,56%	68,63%	0,00%
956495	31,65%	38,41%	9,89%
956497	-7,92%	27,55%	89,10%
956499	26,10%	30,07%	46,18%
956500	84,76%	8,43%	9,03%
959370	4,08%	6,80%	-2,36%
959381	36,36%	-13,00%	-100,00%
964696	18,36%	-87,74%	-100,00%
964828	-37,75%	101,79%	1250,00%
964830	46,59%	73,57%	125,00%
965101	-18,28%	50,93%	0,00%
965103	70,49%	12,86%	-100,00%
965174	1,71%	23,85%	31,25%
967548	19,58%	-60,56%	-100,00%

En términos generales, existen mejoras solo en los recorridos hacia la puerta 5, pero esto no significa que hacia la puerta 3 y hacia la puerta de *picking* no existan cambios que presenten beneficios.

En la Tabla 11, se muestran los valores sombreados como mejoras, dichas mejoras se enfatizan según la demanda de cada uno de los SKU. Por ejemplo: el SKU código 964696 presenta mejoras hacia la puerta 5 de 87,74% y hacia la puerta de *picking* mejoras del 100%, lo cual indica una ventaja dado que este producto tiene una cobertura en *picking* menor a un día por lo que reducir los recorridos hacia *picking* agilizará la operación de reaprovisionamiento.

Por otro lado, el SKU código 552828 de alta rotación, presenta mejoras en los recorridos hacia la puerta 3 y no registra datos en *picking*, debido a que este producto es una bandeja y se conoce que las bandejas se despachan en *pallets* enteros por lo tanto no pasan por *picking*.

Finalmente, sumando todos los recorridos se observan los siguientes porcentajes de variación para cada una de las puertas en la Tabla 12.

TABLA 12 VARIACIÓN DE RECORRIDOS HACIA CADA UNA DE LAS PUERTAS

Variación de recorridos		
Hacia la puerta 3	Hacia la puerta 5	Hacia la puerta Picking
6,66%	-14,85%	16,41%

Se puede observar entonces, que en términos generales existe una disminución en los recorridos hacia la puerta del pasillo 5.

Ahora, considerando el total de recorridos mensuales en la bodega a todas sus puertas, se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 13 RESULTADOS DE LOS RECORRIDOS MENSUALES ORIGINAL VS PROPUESTA

Sumatoria recorridos original	152.350,84
Sumatoria recorridos propuesta	150.834,35
Variación de recorridos (m)	-1.516,49
Variación de recorridos (%)	-1,00%

La propuesta presenta entonces una disminución en las distancias recorridas totales en el área de reserva de 1,5 km mensuales o 1% de mejora.

Comparación actual vs propuesta - *picking*

Se realizó una comparación analizando los tipos de pedido, para la sección de *picking* se manejan 3 tipos de pedidos que son: contenedor primaria, primaria 6500 y preventa. Se toma como muestra 1 pedido de cada uno de los mencionados anteriormente y se estima el tiempo de preparación para cada pedido tanto en la situación actual como en la propuesta. Cabe mencionar, que los pedidos seleccionados para las comparaciones son los pedidos típicos que se presentan en cada caso, es decir que en lo que refiere a tamaño del pedido, los escogidos no son los más grandes ni los más pequeños, son pedidos normales.

Ahora bien, la actividad operativa de preparación de pedidos considera distintos tiempos, estos son:

- Tiempos de traslado con carga
- Tiempos de traslado sin carga
- Tiempo de limpieza

- Tiempo de espera por reaprovisionamiento
- Tiempo de armado de cartones
- Tiempo de preparación de litros
- Tiempo para conseguir *pallet* vacío
- Tiempo de colocación de stretch film
- Tiempo de carga/descarga producto

La reubicación de los SKU's propuesta en este proyecto, tiene impacto en las distancias recorridas en la preparación de los pedidos, lo que se refleja en los tiempos de traslados, tanto con carga como sin carga.

Se considera para todos los casos, según la información proporcionada por la empresa, una velocidad de la persona con carga de 0,45 m/s y sin carga 0,7 m/s. Además, se conoce que aproximadamente el 40% de cualquier pedido está conformado por litros para lo cual se suma el tiempo de preparación de litros. Los demás tiempos son constantes por *pallet* e independientes de los tiempos de traslado, por lo que estos tiempos tanto en la propuesta como en el actual no varían.

Para realizar la comparación de los pedidos, se calcula el tiempo en la situación actual y en la propuesta, considerando las cantidades pedidas y según eso, el número de viajes necesarios y las distancias recorridas. Aunque se conoce que cada SKU tiene asignado su punto de preparación según su ubicación tanto en la propuesta como en el actual, este puede cambiar ya que la capacidad de cada *pallet* debe ser utilizada al máximo por lo que se agrupan los productos en un solo punto de preparación para cumplir este propósito.

Pedido Primaria 6500

Para este pedido se prepararon 6 *pallets* y utilizando la distribución actual de los SKU's y luego la propuesta, en la Tabla 14 se tienen los datos de distancias y tiempos.

TABLA 14 DISTANCIAS Y TIEMPOS EMPLEADOS PARA LA PREPARACIÓN DE UN PEDIDO DE PRIMARIA 6500

Pedido Primaria 6500		
Distancias		
	Actual	Propuesta
Traslado con carga	1469,1 m	871,7 m
Traslado sin carga	1469,1 m	871,7 m
Distancia recorrida total	2938,2 m	1743,4 m
Tiempos		
	Actual	Propuesta
Tiempo de traslado con carga	3264,7 s	1937,1 s
Tiempo de traslado sin carga	2098,7 s	1245,3 s
Tiempo de limpieza	900,0 s	900,0 s
Tiempo de espera por reaprovisionamiento	1800,0 s	1800,0 s
Tiempo de armado de cartones	480,0 s	480,0 s
Tiempo de preparación de litros	8640,0 s	8640,0 s
Tiempo para conseguir pallet vacio	1080,0 s	1080,0 s
Tiempo de colocación de stretch film	720,0 s	720,0 s
Tiempo de carga y descarga producto	2120,0 s	2120,0 s
Tiempo total de preparación	5,86 h	5,26 h
Porcentaje de variación	-10,33%	

Pedido Pre venta

Para este pedido se prepararon 2 *pallets* y utilizando la distribución actual de los SKU's y luego la propuesta, en la Tabla 15 se tienen los datos de distancias y tiempos.

TABLA 15 DISTANCIAS Y TIEMPOS REQUERIDOS PARA LA PREPARACIÓN DE UN PEDIDO DE PREVENTA

Pedido Pre venta		
Distancias		
	Actual	Propuesta
Traslado con carga	1187,7 m	967,8 m
Traslado sin carga	1187,7 m	967,8 m
Distancia recorrida total	2375,4 m	1935,5 m
Tiempos		
	Actual	Propuesta
Tiempo de traslado con carga	2639,3 s	2150,6 s
Tiempo de traslado sin carga	1696,7 s	1382,5 s
Tiempo de limpieza	900,0 s	900,0 s
Tiempo de armado de cartones	160,0 s	160,0 s
Tiempo de preparación de litros	2880,0 s	2880,0 s
Tiempo para conseguir pallet vacío	360,0 s	360,0 s
Tiempo de colocación de stretch	240,0 s	240,0 s
Tiempo de carga y descarga	580,0 s	550,0 s
Tiempo total de preparación	2,63 h	2,40 h
Porcentaje de variación	-8,81%	

Pedido Contenedor Primaria

Para este pedido se prepararon 8 *pallets* y utilizando la distribución actual de los SKU's y luego la propuesta, en la Tabla 16 se tienen los datos de distancias y tiempos.

TABLA 16 DISTANCIAS Y TIEMPOS REQUERIDOS PARA LA PREPARACIÓN DE UN PEDIDO DE CONTENEDOR PRIMARIA

Pedido Contenedor Primaria		
Distancias		
	Actual	Propuesta
Traslado con carga	1615,2 m	1148,5 m
Traslado sin carga	1615,2 m	1148,5 m
Distancia recorrida total	3230,4 m	2296,9 m
Tiempos		
	Actual	Propuesta
Tiempo de traslado con carga	3589,3 s	2552,1 s
Tiempo de traslado sin carga	2307,4 s	1640,6 s
Tiempo de limpieza	900,0 s	900,0 s
Tiempo de espera por reaprovisionamiento	2400,0 s	2400,0 s
Tiempo de armado de cartones	640,0 s	640,0 s
Tiempo de preparación de litros	11520,0 s	11520,0 s
Tiempo para conseguir pallet vacio	1440,0 s	1440,0 s
Tiempo de colocación de stretch film	960,0 s	960,0 s
Tiempo de carga y descarga producto	2510,0 s	2510,0 s
Tiempo total de preparación	7,30 h	6,82 h
Porcentaje de variación	-6,49%	

Análisis de escenarios

Estos escenarios están siendo considerados en el modelo de programación, se realizan ciertas modificaciones en los parámetros para medir la variación de la mejora propuesta. Los escenarios son los siguientes:

- Escenario 1: incremento del 15% en la demanda del SKU con mayor rotación, en este caso es el SKU código (964696).
- Escenario 2: introducción de un nuevo SKU, en este caso se introduce el SKU 586231 y se le asigna una demanda.
- Escenario 3: eliminación de un SKU, en este caso se elimina el SKU con mayor rotación (964696) y se asume que la demanda que tenía este SKU no es absorbida por ningún otro SKU.

A continuación se explica con más detalle cada uno de los escenarios planteados.

Escenario 1: Incremento de un 15% en la demanda de un SKU.

El incremento en la demanda se realizó en el SKU de mayor rotación que es 964696; la modificación en los parámetros por lo tanto solo se dio en el número de viajes requeridos para ese SKU. Las posiciones requeridas por producto se mantienen iguales.

Se corrió nuevamente el modelo luego de realizar los cambios respectivos y los resultados que se presentan en el Anexo I resultan ser las mismas posiciones asignadas, es decir que al realizar una variación en la demanda las ubicaciones definidas por el modelo no varían, por lo tanto las mejoras descritas en la sección anterior siguen siendo válidas incluso si se incrementa la demanda del SKU con mayor rotación. Cabe recalcar, que no hubo modificación en las posiciones requeridas por SKU, este es el principal motivo por el que no variaron las asignaciones al correr el modelo. Además, el incremento que se dio en la demanda no amerita que se considere asignar más posiciones para ese producto puesto que los datos no se alejan mucho de lo actual.

Escenario 2: Introducción de un nuevo SKU

Se introdujo el SKU código 586231, que pertenece a la familia de cajas, se le asignó una demanda igual al doble de la demanda del SKU con mayor rotación que se tiene actualmente en la zona de *picking*, que es el SKU código 964696; se le asigna una demanda elevada, ya que al ser una innovación se espera que tenga una alta demanda. Dado esta nueva introducción se trabajan ahora con 58 SKU's, el número de posiciones totales en la bodega se

mantiene, dado que no se ha considerado una ampliación, por lo tanto las posiciones requeridas por SKU deben ser redistribuidas de tal manera que se le pueda asignar posiciones al nuevo producto. Para este ejercicio se ha considerado disminuir una posición a los SKU's 956495 y 956499 dado que son productos B que tenían dos posiciones, y ahora se los deja con una sola; de esta manera el nuevo SKU tendrá disponible dos posiciones por ser de alta rotación.

Los resultados se muestran en tabla en el Anexo J, se puede notar que en comparación con la propuesta original las asignaciones se realizaron de manera distinta.

Para este escenario se realizaron las modificaciones en la situación actual y en la propuesta, ya que al introducir el nuevo SKU es necesario considerar su existencia en ambos casos para poder hacer una comparación más acertada.

Escenario 3: Eliminación de un SKU.

En este caso se elimina el SKU con mayor rotación que es 964696, por lo tanto el número total de SKU's disminuye a 56 y las posiciones totales se mantienen constantes. Dado que se

elimina un SKU, ahora se tienen dos posiciones disponibles para ser ocupadas por otros productos; se asigna a estas posiciones productos de alta rotación como lo son los SKU's código 965103 y 953208.

Se realizaron los cambios descritos en el modelo y se lo corrió nuevamente, obteniendo los datos que se muestran en el Anexo K

Una vez que se tienen los resultados para cada escenario, entendiéndose como resultado las asignaciones de los SKU's a las distintas posiciones, se procede a realizar las comparaciones de las situaciones actuales y propuestas en los distintos escenarios, a través de una estimación de los tiempos para cada uno de los tres tipos de pedidos que se pueden presentar en *picking*.

TABLA 17 TIEMPOS ORIGINAL VS PROPUESTA PARA PEDIDO 6500

Pedido Primaria 6500									
Distancias									
	Original		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	
Traslado con carga	1469,1 m	871,7 m	1469,1 m	871,7 m	1404,1 m	1107,0 m	1285,6 m	1045,0 m	
Traslado sin carga	1469,1 m	871,7 m	1469,1 m	871,7 m	1404,1 m	1107,0 m	1285,6 m	1045,0 m	
Distancia recorrida total	2938,2 m	1743,4 m	2938,2 m	1743,4 m	2808,2 m	2213,9 m	2571,1 m	2090,0 m	
Tiempos									
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	
Tiempo de traslado con carga	3264,7 s	1937,1 s	3264,7 s	1937,1 s	3120,2 s	2459,9 s	2856,8 s	2322,2 s	
Tiempo de traslado sin carga	2098,7 s	1245,3 s	2098,7 s	1245,3 s	2005,9 s	1581,4 s	1836,5 s	1492,9 s	
Tiempo de limpieza	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	
Tiempo de espera por reaprovisionamiento	1800,0 s	1800,0 s	1800,0 s	1800,0 s	1800,0 s	1800,0 s	1500,0 s	1500,0 s	
Tiempo de armado de cartones	480,0 s	480,0 s	480,0 s	480,0 s	480,0 s	480,0 s	400,0 s	400,0 s	
Tiempo de preparación de litros	8640,0 s	8640,0 s	8640,0 s	8640,0 s	8640,0 s	8640,0 s	7200,0 s	7200,0 s	
Tiempo para conseguir pallet vacío	1080,0 s	1080,0 s	1080,0 s	1080,0 s	1080,0 s	1080,0 s	900,0 s	900,0 s	
Tiempo de colocación de stretch film	720,0 s	720,0 s	720,0 s	720,0 s	720,0 s	720,0 s	600,0 s	600,0 s	
Tiempo de carga y descarga producto	2120,0 s	2120,0 s	2120,0 s	2120,0 s	2220,0 s	2250,0 s	1850,0 s	1880,0 s	
Tiempo total de preparación	5,86 h	5,26 h	5,86 h	5,26 h	5,82 h	5,53 h	5,01 h	4,78 h	
Porcentaje de variación	-10,33%		-10,33%		-5,03%		-4,70%		

TABLA 18 TIEMPOS ORIGINAL VS. PROPUESTA PARA PEDIDO DE PREVENTA

Pedido Pre venta									
Distancias									
	Original		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	
Traslado con carga	1187,7 m	967,8 m	1187,7 m	967,8 m	1723,3 m	1091,3 m	1341,4 m	775,0 m	
Traslado sin carga	1187,7 m	967,8 m	1187,7 m	967,8 m	1723,3 m	1091,3 m	1341,4 m	775,0 m	
Distancia recorrida total	2375,4 m	1935,5 m	2375,4 m	1935,5 m	3446,6 m	2182,6 m	2682,7 m	1549,9 m	
Tiempos									
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	
Tiempo de traslado con carga	2639,3 s	2150,6 s	2639,3 s	2150,6 s	3829,6 s	2425,1 s	2980,8 s	1722,1 s	
Tiempo de traslado sin carga	1696,7 s	1382,5 s	1696,7 s	1382,5 s	2461,9 s	1559,0 s	1916,2 s	1107,1 s	
Tiempo de limpieza	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	
Tiempo de armado de cartones	160,0 s	160,0 s	160,0 s	160,0 s	160,0 s	160,0 s	160,0 s	160,0 s	
Tiempo de preparación de litros	2880,0 s	2880,0 s	2880,0 s	2880,0 s	2880,0 s	2880,0 s	2880,0 s	2880,0 s	
Tiempo para conseguir pallet vacío	360,0 s	360,0 s	360,0 s	360,0 s	360,0 s	360,0 s	360,0 s	360,0 s	
Tiempo de colocación de stretch film	240,0 s	240,0 s	240,0 s	240,0 s	240,0 s	240,0 s	240,0 s	240,0 s	
Tiempo de carga y descarga producto	580,0 s	550,0 s	580,0 s	550,0 s	650,0 s	620,0 s	570,0 s	540,0 s	
Tiempo total de preparación	2,63 h	2,40 h	2,63 h	2,40 h	3,19 h	2,54 h	2,78 h	2,20 h	
Porcentaje de variación	-8,81%		-8,81%		-20,36%		-20,96%		

TABLA 19 TIEMPOS ORIGINAL VS PROPUESTA PARA PEDIDO DE CONTENEDOR

Pedido Contenedor Primaria								
Distancias								
	Original		Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
Traslado con carga	1615,2 m	1148,5 m	1615,2 m	1148,5 m	1999,3 m	1602,6 m	1598,7 m	1287,9 m
Traslado sin carga	1615,2 m	1148,5 m	1615,2 m	1148,5 m	1999,3 m	1602,6 m	1598,7 m	1287,9 m
Distancia recorrida total	3230,4 m	2296,9 m	3230,4 m	2296,9 m	3998,5 m	3205,2 m	3197,4 m	2575,7 m
Tiempos								
	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta	Actual	Propuesta
Tiempo de traslado con carga	3589,3 s	2552,1 s	3589,3 s	2552,1 s	4442,8 s	3561,3 s	3552,7 s	2861,9 s
Tiempo de traslado sin carga	2307,4 s	1640,6 s	2307,4 s	1640,6 s	2856,1 s	2289,4 s	2283,9 s	1839,8 s
Tiempo de limpieza	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s	900,0 s
Tiempo de espera por reaprovisionamiento	2400,0 s	2400,0 s	2400,0 s	2400,0 s	2700,0 s	2700,0 s	2400,0 s	2400,0 s
Tiempo de armado de cartones	640,0 s	640,0 s	640,0 s	640,0 s	720,0 s	720,0 s	640,0 s	640,0 s
Tiempo de preparación de litros	11520,0 s	11520,0 s	11520,0 s	11520,0 s	12960,0 s	12960,0 s	11520,0 s	11520,0 s
Tiempo para conseguir pallet vacío	1440,0 s	1440,0 s	1440,0 s	1440,0 s	1620,0 s	1620,0 s	1440,0 s	1440,0 s
Tiempo de colocación de stretch film	960,0 s	960,0 s	960,0 s	960,0 s	1080,0 s	1080,0 s	960,0 s	960,0 s
Tiempo de carga y descarga producto	2510,0 s	2510,0 s	2510,0 s	2510,0 s	2830,0 s	2890,0 s	2450,0 s	2510,0 s
Tiempo total de preparación	7,30 h	6,82 h	7,30 h	6,82 h	8,36 h	7,98 h	7,26 h	6,96 h
Porcentaje de variación	-6,49%		-6,49%		-4,61%		-4,11%	

En la Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 19, se puede observar que en cada uno de los escenarios propuestos existen mejoras en los tiempos de preparación. El escenario 1 como ya se mencionó tiene los mismos resultados que el original, es decir presenta las mismas asignaciones para los SKU's lo cual indica que variaciones en la demanda no amerita un cambio en las ubicaciones de los productos en la zona de *picking*.

Con respecto a los escenarios 2 y 3, las mejoras se vuelven menores para los pedidos primaria 6500 y contenedor primaria,

sin embargo, para los pedidos de preventa las mejoras incrementan considerablemente.

Ahora, analizando estas variaciones en horas-hombre por pedido diario como se ve en la Tabla 20, se puede observar que los ahorros se mantienen o incrementan; el incremento mayor que se presentó fue del 23% en el escenario 2. Estas variaciones encontradas significan que el modelo es aplicable para distintas situaciones a la presentada en este trabajo, ya que al someterlo a modificaciones en sus parámetros continúa presentando mejoras significativas.

TABLA 20 AHORRO DE TIEMPO POR PEDIDO DIARIO

	Ahorro de tiempo por pedido diario (H/h)			
	Original	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
Pedido contenedor 6500	1,33	1,33	0,65	0,60
Pedido pre venta	1,40	1,40	3,23	3,32
Pedido primaria contenedor	0,92	0,92	0,63	0,57
Total	3,64	3,64	4,51	4,49

4.3. Costos y beneficios esperados

Costos e Implicaciones Operativas

La implementación de la propuesta presentada en este proyecto, acerca de la reubicación de los SKU's en la bodega requiere de actividades operativas y administrativas. En esta sección de

describirán las potenciales actividades y personas que estarían involucradas en esta implementación.

Se conoce que en los primeros días del mes la bodega en estudio se encuentra en su menor capacidad, por lo tanto, ese momento es una oportunidad para realizar la reubicación de los productos, dado que se pueden movilizar con mayor facilidad los SKU's existentes y ubicar los nuevos ingresos de producción según los resultados del modelo matemático.

Es necesario coordinar con el departamento de finanzas para que se realice un inventario de la bodega antes de iniciar la reubicación de los SKU's para llevar un mejor control de las existencias. Además, el personal responsable del almacén debe revisar el sistema para cuadrar las cantidades y ubicaciones entre la situación antes y después de la reubicación. Estas consideraciones serían tanto para el área de reserva como para *picking*.

La implementación no requeriría intervención de personas externas a la empresa, por lo que se puede destinar tiempo durante la jornada de trabajo para llevar a cabo estas actividades.

Beneficios en reserva

En general, los productos de mayor rotación presentan mejoras en sus recorridos hacia la zona de *picking* y hacia alguna de las dos puertas de despacho.

Sin embargo, existen otros beneficios distintos a los recorridos que tienen impacto en las actividades de la bodega, como por ejemplo: el orden; la situación actual de reserva presentada en la Figura 4.2 asigna ubicaciones aleatorias de los productos sin seguir un orden en particular, mientras que en la propuesta de la Figura 4.12 se muestra un *layout* ordenado según la clasificación ABC; ubicando de esta manera los productos de mayor demanda lo más cercano posible a las puertas. Además siguiendo este orden se optimizan los movimientos de personas y montacargas en los pasillos, y se eliminan los pasillos con mínima cantidad de movimiento; ya que se colocan los productos más pedidos en las posiciones más accesibles reduciendo los esfuerzos de búsqueda de estos SKU's.

Por otro lado, esta nueva configuración permite mejoras en el control de inventario de la zona de reserva, dado que se procura en lo posible ubicar los mismos SKU's en posiciones cercanas.

Beneficios en *picking*

La implementación de la propuesta conllevaría a otros beneficios aparte de la disminución de los tiempos de preparación de los pedidos; por ejemplo, el orden, la alternativa presentada se basa en una clasificación ABC, además la zona de *picking* está seccionada según las familias que existen por lo que dentro de cada familia se encuentran los productos ubicados según su rotación; este orden de los productos ayuda a la disminución de errores al momento de preparar dado que la ubicación de los SKU's es conocida, lo cual facilita la actividad.

De la misma forma, estos cambios ayudan a disminuir los movimientos de personal en la bodega, ya que al ser las ubicaciones conocidas no hay necesidad de recorrer los pasillos en busca del producto.

Por otro lado, estas modificaciones también influyen en la salud del personal que labora en la bodega, por lo que, al mejorar la actividad de preparación se requiere menos tiempo de exposición de las personas al frío de la bodega. O incluso se podría aprovechar ese tiempo para realizar otras actividades como mantenimientos, limpieza, inventario, resane, entre otras.

Finalmente, se pueden traducir estos beneficios a valores monetarios lo cual implicaría una disminución en los costos operativos; este análisis se lo revisará más adelante.

Las mejoras que se obtendrían a partir de la resolución del modelo se tabulan a continuación:

TABLA 21 MEJORAS ESPERADAS A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Tiempos por pedido diario (H/h)			
	Actual	Propuesto	Ahorro
Pedido contenedor 6500	12,84	11,51	1,33
Pedido pre venta	15,84	14,44	1,40
Pedido primaria contenedor	13,76	12,84	0,92

Con la implementación de la propuesta, se tendrían ahorros de 3,64 horas-hombre diarias.

Ahora, llevando a dólares los tiempos operativos mensuales que se muestran en la Tabla 22, se calcula los tiempos actuales y la propuesta considerando los porcentajes de disminución resultados del modelo; se puede observar que los costos operativos mensuales se reducirían aproximadamente en un 10%.

TABLA 22 BENEFICIOS MONETARIOS ESPERADOS

Tiempos operativos mensuales						
	Actual			Propuesto		
	costo H/h (\$)	Tiempo requerido (H/h)	Costo total (\$)	Disminución Tiempos	Tiempo requerido (H/h)	Costo total (\$)
Pedido contenedor 6500	1,88	321	603,48	10,33%	282	531,03
Pedido pre venta	1,88	396	744,48	8,81%	360	677,18
Pedido primaria contenedor	1,88	344	646,72	6,69%	317	596,44

Hasta este punto se ha considerado el valor de una hora hombre como una constante equivalente a \$1,88; sin embargo este valor no se mantiene fijo en todo momento. La empresa en estudio, para fines de mes requiere que el personal trabaje turnos de 12 horas, esto ocurre específicamente en los tres últimos días del mes, lo cual significa que en estos días requieren que el personal trabaje horas extras y se debe considerar el pago de ellas. Para este análisis de horas extras se toman valores variables de una hora-hombre tomando en cuenta los pagos de las horas al 25%, 50% y 100%.

TABLA 23 DISTRIBUCIÓN DE CARGOS DE HORAS EXTRAS POR TURNO

Distribución de cargos de horas extras por turno			
	Horas 25%	Horas 50%	Horas 100%
07H00 - 15H00	0	0	0
15H00 - 23H00	4	0	0
23H00 - 07H00	7	0	0
07H00 - 19H00	0	4	0
19H00 - 07H00	8	1	3

La Tabla 23 implica que por ejemplo para el turno que se trabaja de siete de la noche hasta las siete de la mañana, se pagan 8 horas al 25%, 1 hora al 50% y 3 horas al 100%, y así con los demás turnos.

De esta manera se tabula el siguiente análisis salarial, en donde se indica el costo diario por turno de trabajo ya sea en una rutina normal o en una considerando horas extras.

TABLA 24 ANÁLISIS SALARIAL

Análisis Salarial					
Turnos	Rutina Normal			Rutina Horas Extras	
	07H00 - 15H00	15H00 - 23H00	23H00 - 07H00	07H00 - 19H00	19H00 - 07H00
Costos Diarios por persona	15,04	16,92	18,33	25,84	32,9
Personal	7	7	8	11	11
Costos Diarios totales por turno	\$ 105,28	\$ 118,44	\$ 146,64	\$ 284,24	\$ 361,90
Costo Total	\$ 370,36			\$ 646,14	

Ahora, se debe tener presente que para fin de mes el número de pedidos preparados diarios aumentan aproximadamente al doble, dado que la demanda para esos días es mayor, por lo tanto los tiempos para estos tres días al final del mes son los siguientes.

TABLA 25 TIEMPOS POR PEDIDO DIARIO EN FIN DE MES

	Tiempos por pedido diario fin de mes (H/h)		
	Actual	Propuesto	Ahorro
Pedido contenedor 6500	25,68	23,03	2,65
Pedido pre venta	31,68	28,89	2,79
Pedido primaria contenedor	27,52	25,68	1,84

Es así que, en estos últimos días del mes se tendrían ahorros de 7,28 horas-hombre diarias, lo cual implica que en tres días se tendría un ahorro de 22 horas-hombre. Es así que con la implementación de la propuesta se reflejaría una reducción del 8% de las horas extras a fin de mes. Esta reducción se la puede interpretar también en número de personas, siendo que en la situación actual se necesitan 22 personas trabajando en turnos de 12 horas a fin de mes y con la propuesta se requerirían 20 personas que trabajen a 12 horas a fin de mes.

TABLA 26 AHORROS MENSUALES ESPERADOS POR HORAS EXTRAS

Ahorros mensuales de horas hombre extras			
	Actual	Propuesto	Ahorro
H/h extras requeridas	264	242	22
Personas	22	20	2

Por otro lado, analizando esta reducción de personas en términos de costos se tiene que actualmente empleando 22 personas en turnos de 12 horas, se tiene un costo de horas extras mensual (tres días del fin de mes) de \$837,54 y con la propuesta se sugiere que se trabajen con 20 personas en turnos de 12 horas con un costo de horas extras mensual (tres días del fin de mes) de \$761,4.

TABLA 27 ANÁLISIS DE COSTOS DE HORAS EXTRAS MENSUAL

Análisis de costos de horas extras mensual										
Turno	Costo H/h	Cargo hora extra	Costo H/h Extra	H/h extras por turno	Actual		Propuesta		Ahorro	
					Personal	Costos	Personal	Costos	Personal	Costos
7H00 - 19H00	1,88	50%	2,82	4	11	124,08	10	112,8	1	11,28
19H00 - 7H00	1,88	50%	2,82	1	11	31,02	10	28,2	1	2,82
	1,88	100%	3,76	3		124,08		112,8		11,28
Total diario						279,18		253,8		25,38
Total mensual						837,54		761,4		76,14

De esta manera se espera ahorrar \$76,14 mensual en horas extras, o el 9% de los costos correspondientes a horas extras.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Este proyecto proporciona a la empresa una alternativa de mejora para la disminución de tiempos en la actividad de preparación de pedidos.
2. El proyecto inició con una lluvia de ideas con el personal para identificar los problemas de la bodega, se justificaron los resultados por medio de diagramas de Pareto tanto en horas-hombre como en costos de hora-hombre. El problema que se obtuvo fue el elevado tiempo de preparación de los pedidos.
3. La bodega en estudio tiene zona de picking y zona de reserva. Para la zona de reserva se tienen 74 SKU's de los cuales el 47% (35 SKU's) pertenecen a la clase A, 23% (17 SKU's) son clase B y 30% (22 SKU's) son clase C. Mientras que en la zona de *picking*

es necesario hacer distinción por familias (cajas, litros y tambores) y se tienen 57 SKU's en total, donde 27 productos son A, 14 son B y 16 C.

4. El grado de rotación en el área de reserva oscila entre 3 y 4 para la mayoría de los ítems que pertenecen a la clase A, algunos productos C también presentan este grado, lo cual indica que su volumen de venta no es muy grande pero se despacha varias veces en cantidades pequeñas. Mientras que en el área de *picking* se pueden observar índices de rotación muy elevados (mayor a 10 para la clase A) en comparación con el área de reserva, esto se debe a que en *picking* se tienen posiciones limitadas dado que esta área es destinada a sólo dos pasillos de toda la bodega.
5. Los índices de cobertura para los productos en la zona de reserva son altos para la clase C (entre 11 y 318 días) debido a la baja demanda y alto *stock*. Sin embargo, también se presentan productos A con una cobertura significativa (mayor a 20 días) ya que hay productos que se despachan una sola vez al mes pero en grandes cantidades. Por otro lado, para la zona de *picking* todos los ítems con cobertura mayor a 7 días pertenecen a la clase C. En *picking* es necesario un reaprovisionamiento frecuente.

6. Se propone como solución realizar un análisis ABC y reubicar los SKU's en la bodega. Además, de acompañar estas actividades con la capacitación del personal administrativo y operativo de la bodega en cuanto a los cambios en las ubicaciones de los productos.
7. El modelo de programación lineal entera propuesto se resolvió en una plataforma disponible online, Neos Solvers, programado en GAMS. Para la propuesta de la zona de reserva se utilizaron dos criterios: clasificación ABC y ratio recepción/despacho.
8. Para la zona de *picking* se tienen ahorros de 3,64 horas-hombres diarias. Para el pedido de 6500 se obtiene una reducción en los tiempos de preparación del 10,33%, pedido preventa 8,81% y pedido contenedor primaria reducciones de 6,69% en tiempos. Por otro lado, en la zona de reserva se presentan mejoras significativas (14,85%) en las distancias recorridas hacia la puerta 5; y en general se tiene una disminución de 1,5 km mensuales o lo que es equivalente a decir que existe una mejora del 1%.
9. La implementación de las nuevas ubicaciones asignadas por el modelo representan reducciones en los costos del 10% (\$190) mensual aproximadamente. Además, ahorros en horas extras en

fin de mes de 7,28 horas hombre-diaría (2 personas); es decir disminución del 9% en los costos de horas extras pagadas a fin de mes.

10. Otros beneficios, además de la reducción de tiempos y costos operativos son: orden en la bodega, exactitud en la preparación de los pedidos, reducción de movimientos del personal e impacto en la salud de los trabajadores.

Recomendaciones

1. Establecer estrategias para disminuir los días de cobertura de los productos de baja demanda para aprovechar mejor el espacio que ocupan los SKU's y asignar dichas posiciones para almacenamiento de otros ítems que sean más solicitados.
2. Trabajar en la estandarización de los procesos referentes a las actividades de preparación de pedidos evitando complejidades que dificulten el trabajo de despacho.
3. Adecuar el modelo propuesto para que además de determinar la correcta ubicación de los SKU's, defina las cantidades óptimas de

producto a almacenar en el área de *picking* y el número de personas ideal para cumplir con la actividad en el tiempo deseado.

4. Adecuar el modelo propuesto para que se aplique a la zona de reserva y se encuentre una ubicación de los SKU's que minimice las distancias recorridas.

5. Realizar un análisis de la gestión de inventarios a través de un sistema *push* para determinar las cantidades adecuadas para almacenar en la bodega, tanto en la zona de reserva como en la zona de *picking* considerando los niveles de demanda de tal manera que se aproveche mejor el espacio.

ANEXOS

ANEXO A

SALARIOS MENSUALES PROMEDIO DEL 2013

TABLA 28 SALARIOS MENSUALES PROMEDIO DEL 2013

CARGO	HORA DE TRABAJO	SUELDO
ASISTENTE	\$ 3,24	\$ 648,00
CAMARERO	\$ 1,88	\$ 375,94
DESPACHADOR	\$ 2,35	\$ 469,70
MONTACARGUISTA	\$ 2,27	\$ 453,03

ANEXO B

CLASIFICACIÓN ABC DE RESERVA

TABLA 29 ANÁLISIS ABC PARA RESERVA

Código	Demanda mensual Promedio por Pallet	Stock Promedio	GR	Dias de Stock	Frecuencia demanda	Frecuencia acumulada	Clasificación
964696	116,92	89884,79	3,84	7,81	0,11	0,11	A
89171	54,14	43182,88	2,23	13,45	0,05	0,16	A
943034	40,95	41690,07	2,90	10,34	0,04	0,20	A
948644	40,00	45578,05	4,24	7,08	0,04	0,24	A
88267	35,10	19362,59	3,79	7,91	0,03	0,27	A
552200	33,47	23765,27	2,76	10,85	0,03	0,30	A
959381	27,80	25103,49	2,77	10,84	0,03	0,33	A
965174	27,11	44547,95	2,30	13,04	0,03	0,36	A
96557	26,67	3659,02	3,37	8,90	0,03	0,38	A
956497	23,81	66327,82	1,61	18,63	0,02	0,40	A
552857	23,37	2740,68	2,72	11,03	0,02	0,42	A
552828	22,27	3472,78	2,64	11,36	0,02	0,45	A
959370	20,63	22893,39	2,50	12,01	0,02	0,47	A
967548	20,52	26507,82	3,40	8,81	0,02	0,48	A
558296	20,23	32811,93	2,71	11,06	0,02	0,50	A
547805	20,14	100406,54	0,90	33,35	0,02	0,52	A
552880	20,03	5053,18	1,63	18,38	0,02	0,54	A
552855	19,77	2869,89	2,84	10,57	0,02	0,56	A
96555	17,13	2356,15	3,80	7,90	0,02	0,58	A
552853	17,11	3372,35	2,09	14,36	0,02	0,59	A
944833	16,96	25008,13	1,49	20,12	0,02	0,61	A
965101	16,65	22372,93	2,05	14,66	0,02	0,62	A
964828	15,59	27641,03	2,25	13,31	0,01	0,64	A
552854	15,57	3853,71	1,66	18,03	0,01	0,65	A
552860	15,43	2237,74	2,20	13,64	0,01	0,67	A
552851	14,75	2942,94	1,60	18,77	0,01	0,68	A
552183	14,64	10404,83	3,57	8,41	0,01	0,70	A
552643	14,46	30474,84	1,04	28,77	0,01	0,71	A
965103	14,23	14391,18	2,74	10,94	0,01	0,72	A
552878	13,57	3527,21	1,58	18,94	0,01	0,74	A
552192	13,53	6140,11	4,32	6,94	0,01	0,75	A
552195	13,48	10225,91	2,59	11,60	0,01	0,76	A
552165	12,16	7463,39	3,20	9,38	0,01	0,77	A
956495	12,08	40511,64	1,34	22,43	0,01	0,79	A

Código	Demanda mensual Promedio por Pallet	Stock Promedio	GR	Dias de Stock	Frecuencia demanda	Frecuencia acumulada	Clasificación
552187	11,75	7171,99	3,21	9,33	0,01	0,80	A
552876	11,41	2766,54	1,70	17,67	0,01	0,81	B
552864	11,25	1935,49	1,85	16,18	0,01	0,82	B
552803	10,93	2089,33	1,67	17,98	0,01	0,83	B
547063	10,85	26862,74	2,23	13,47	0,01	0,84	B
552193	10,73	9471,89	2,87	10,45	0,01	0,85	B
552163	10,66	12180,14	2,62	11,46	0,01	0,86	B
956499	10,62	39450,05	1,21	24,85	0,01	0,87	B
964830	9,80	13364,31	2,02	14,88	0,01	0,88	B
953208	9,75	24923,75	1,89	15,88	0,01	0,89	B
552194	9,54	8877,87	2,72	11,01	0,01	0,90	B
552190	9,48	7739,22	3,11	9,66	0,01	0,90	B
552872	8,56	2967,77	1,40	21,38	0,01	0,91	B
556573	8,25	44811,24	1,02	29,55	0,01	0,92	B
552191	7,63	10246,24	1,89	15,90	0,01	0,93	B
552182	6,59	7432,95	2,25	13,36	0,01	0,93	B
556580	6,46	40060,27	0,89	33,73	0,01	0,94	B
956494	6,30	27133,22	1,04	28,80	0,01	0,95	B
956500	5,46	26475,23	0,93	32,42	0,01	0,95	B
552856	5,23	2152,65	1,18	25,42	0,00	0,96	C
552189	4,76	6322,79	1,91	15,73	0,00	0,96	C
552893	4,33	1546,07	1,36	22,05	0,00	0,97	C
552198	3,90	7765,71	1,50	19,97	0,00	0,97	C
549039	3,23	5235,41	2,20	13,62	0,00	0,97	C
552181	2,76	5134,42	1,61	18,68	0,00	0,97	C
563422	2,73	14477,90	1,04	28,89	0,00	0,98	C
550125	2,52	3165,82	2,84	10,57	0,00	0,98	C
550123	2,43	3863,69	2,24	13,37	0,00	0,98	C
550121	2,40	4935,47	1,74	17,24	0,00	0,98	C
550159	2,04	2849,10	2,56	11,73	0,00	0,99	C
549431	1,93	5734,33	1,20	24,99	0,00	0,99	C
550128	1,88	5814,31	1,16	25,90	0,00	0,99	C
549089	1,88	2880,20	2,34	12,84	0,00	0,99	C
942860	1,62	57555,36	0,09	318,12	0,00	0,99	C
552812	1,56	51756,40	0,10	297,81	0,00	0,99	C
549434	1,41	2087,74	2,41	12,47	0,00	1,00	C
549065	1,32	3952,98	1,19	25,18	0,00	1,00	C
549076	1,23	3700,91	1,18	25,32	0,00	1,00	C
549061	1,18	2762,06	1,53	19,61	0,00	1,00	C
549103	0,91	935,79	3,47	8,66	0,00	1,00	C

ANEXO C

ANÁLISIS ABC PARA LA ZONA DE PICKING

TABLA 30 ANÁLISIS ABC PARA PICKING

Código	Demanda promedio por pallet	GR	Stock promedio por pallet	Días de Stock	Frecuencia demanda	Frecuencia acumulada	Clasificación
964696	70,41	35,20	2,00	0,85	0,05	0,05	A
959381	59,87	29,93	2,00	1,00	0,04	0,09	A
948644	57,86	28,93	2,00	1,04	0,04	0,13	A
965174	57,14	28,57	2,00	1,05	0,04	0,17	A
89171	53,28	26,64	2,00	1,13	0,04	0,21	A
558296	52,94	26,47	2,00	1,13	0,04	0,24	A
967548	52,51	26,25	2,00	1,14	0,04	0,28	A
552200	52,07	26,03	2,00	1,15	0,04	0,32	A
943034	49,84	24,92	2,00	1,20	0,03	0,35	A
88267	48,94	24,47	2,00	1,23	0,03	0,38	A
944833	48,41	24,20	2,00	1,24	0,03	0,42	A
956497	48,26	24,13	2,00	1,24	0,03	0,45	A
964828	42,61	21,30	2,00	1,41	0,03	0,48	A
964830	38,58	19,29	2,00	1,56	0,03	0,51	A
959370	38,54	19,27	2,00	1,56	0,03	0,53	A
547063	38,34	19,17	2,00	1,56	0,03	0,56	A
552643	37,01	18,50	2,00	1,62	0,03	0,59	A
965101	34,27	17,13	2,00	1,75	0,02	0,61	A
552195	32,87	16,44	2,00	1,83	0,02	0,63	A
552187	32,75	16,37	2,00	1,83	0,02	0,66	A
552165	32,31	16,16	2,00	1,86	0,02	0,68	A
552192	31,45	15,73	2,00	1,91	0,02	0,70	A
552183	31,04	15,52	2,00	1,93	0,02	0,72	A
956499	30,39	15,19	2,00	1,97	0,02	0,74	A
956495	30,11	15,06	2,00	1,99	0,02	0,76	A
965103	27,86	13,93	2,00	2,15	0,02	0,78	A
953208	21,51	10,76	2,00	2,79	0,01	0,80	A
552191	18,68	9,34	2,00	3,21	0,01	0,81	B
552193	18,59	9,30	2,00	3,23	0,01	0,82	B
556573	17,88	8,94	2,00	3,36	0,01	0,84	B
552190	17,46	8,73	2,00	3,44	0,01	0,85	B
552163	16,94	8,47	2,00	3,54	0,01	0,86	B
552194	16,57	8,29	2,00	3,62	0,01	0,87	B
563422	14,97	7,48	2,00	4,01	0,01	0,88	B

Código	Demanda promedio por pallet	GR	Stock promedio por pallet	Dias de Stock	Frecuencia demanda	Frecuencia acumulada	Clasificación
956494	14,92	7,46	2,00	4,02	0,01	0,89	B
552182	14,33	7,16	2,00	4,19	0,01	0,90	B
556580	14,24	7,12	2,00	4,21	0,01	0,91	B
956500	13,85	6,92	2,00	4,33	0,01	0,92	B
552189	12,61	6,30	2,00	4,76	0,01	0,93	B
552198	8,95	4,47	2,00	6,71	0,01	0,94	B
547805	8,83	4,41	2,00	6,80	0,01	0,94	B
549039	8,34	4,17	2,00	7,20	0,01	0,95	C
550125	7,85	3,92	2,00	7,65	0,01	0,95	C
550123	7,06	3,53	2,00	8,50	0,00	0,96	C
549434	6,72	3,36	2,00	8,93	0,00	0,96	C
549076	5,80	2,90	2,00	10,34	0,00	0,97	C
550121	5,77	2,88	2,00	10,40	0,00	0,97	C
549089	5,77	2,88	2,00	10,40	0,00	0,97	C
550159	5,10	2,55	2,00	11,76	0,00	0,98	C
552181	5,08	2,54	2,00	11,82	0,00	0,98	C
550128	5,02	2,51	2,00	11,96	0,00	0,99	C
549065	4,54	2,27	2,00	13,22	0,00	0,99	C
549061	4,12	2,06	2,00	14,58	0,00	0,99	C
942860	3,40	1,70	2,00	17,63	0,00	0,99	C
549103	3,19	1,60	2,00	18,80	0,00	1,00	C
552812	3,14	1,57	2,00	19,12	0,00	1,00	C
549431	3,08	1,54	2,00	19,50	0,00	1,00	C

ANEXO E

LAYOUT ACTUAL DE PICKING

549103		549061	550159		89171
549076		549039	550128		89171
550125		549065	550121		88267
549089		549431	550123		88267
					89171
					89171
VACIO		549434	88267		88267
556580		556573	88267		88267
944833		547063	89171		89171
965174		VACIO	89171		89171
959381		956499	88267		88267
956495	PASILLO 5	964696	88267		89171
948644		964828	552194		552198
956497		943034	552181		552189
					VACIO
					VACIO
					552200
964830		965101	552165		552165
965103		956500	552200		552195
967548		558296	552187		552195
953208		959370	552187		552163
956494		547805	552193		552191
552812		942860	552190		552192
965101		965101	552182		552192
VACIO		964830	552183		552192

ANEXO F

RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA

VARIABLE x_{jki}

TABLA 32 RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA VARIABLE x_{jki}

SKU	Posición	Punto de preparación	Lower	Level	Upper	Marginal
964696	26	2	.	1.000	1.000	3.896.516
964696	38	5	.	1.000	1.000	3.896.516
959381	14	4	.	1.000	1.000	2.881.175
959381	15	4	.	1.000	1.000	2.881.175
948644	23	1	.	1.000	1.000	3.977.875
948644	59	6	.	1.000	1.000	3.977.875
965174	6	2	.	1.000	1.000	2.750.000
965174	31	3	.	1.000	1.000	2.750.000
89171	46	9	.	1.000	1.000	2.197.800
89171	50	8	.	1.000	1.000	2.197.800
558296	30	3	.	1.000	1.000	2.484.116
558296	35	4	.	1.000	1.000	2.484.116
967548	10	3	.	1.000	1.000	2.463.656
967548	19	5	.	1.000	1.000	2.463.656
552200	43	10	.	1.000	1.000	1.400.025
552200	70	8	.	1.000	1.000	1.400.025
943034	8	2	.	1.000	1.000	4.579.050
943034	17	5	.	1.000	1.000	4.579.050
88267	51	8	.	1.000	1.000	2.523.648
88267	62	10	.	1.000	1.000	2.523.648
944833	7	2	.	1.000	1.000	3.028.438
944833	11	3	.	1.000	1.000	3.028.438
956497	2	1	.	1.000	1.000	3.019.046
956497	27	2	.	1.000	1.000	3.019.046
964828	3	1	.	1.000	1.000	2.929.204
964828	34	4	.	1.000	1.000	2.929.204
964830	18	5	.	1.000	1.000	2.652.375
964830	81	6	.	1.000	1.000	2.652.375
959370	1	1	.	1.000	1.000	3.541.125
959370	24	1	.	1.000	1.000	3.541.125
547063	28	2	.	1.000	1.000	4.051.373
547063	40	5	.	1.000	1.000	4.051.373
552643	20	5	.	1.000	1.000	4.420.054
552643	37	5	.	1.000	1.000	4.420.054

SKU	Posición	Punto de preparación	Lower	Level	Upper	Marginal
965101	29	3	.	1.000	1.000	4.497.491
965101	32	3	.	1.000	1.000	4.497.491
552195	71	8	.	1.000	1.000	883.850
552195	72	8	.	1.000	1.000	1.687.350
552187	64	10	.	1.000	1.000	1.680.945
552187	68	9	.	1.000	1.000	1.680.945
552165	41	10	.	1.000	1.000	1.658.580
552165	52	8	.	1.000	1.000	1.658.580
552192	44	10	.	1.000	1.000	1.614.428
552192	69	8	.	1.000	1.000	1.614.428
552183	49	8	.	1.000	1.000	1.593.270
552183	61	10	.	1.000	1.000	1.593.270
956499	4	1	.	1.000	1.000	3.629.509
956499	21	1	.	1.000	1.000	3.629.509
956495	9	3	.	1.000	1.000	3.596.696
956495	60	6	.	1.000	1.000	3.596.696
965103	22	1	.	1.000	1.000	2.681.800
953208	39	5	.	1.000	1.000	2.958.093
552191	66	9	.	1.000	1.000	1.004.548
552193	42	10	.	1.000	1.000	999.900
556573	16	4	.	1.000	1.000	3.778.057
552190	67	9	.	1.000	1.000	939.207
552163	47	9	.	1.000	1.000	910.745
552194	63	10	.	1.000	1.000	891.247
563422	82	6	.	1.000	1.000	3.163.125
956494	36	4	.	1.000	1.000	3.564.750
552182	48	9	.	1.000	1.000	1.470.840
556580	25	2	.	1.000	1.000	3.037.589

ANEXO G

RATIO RECEPCIÓN/DESPACHOS

TABLA 33 RATIO RECEPCIÓN/DESPACHOS

Código	Cantidad de posiciones requeridas con stock	Clasificación	Ratio (Recepción/Demanda)
964696	125	A	2,72
89171	100	A	1,20
943034	58	A	2,75
948644	39	A	3,29
88267	38	A	1,50
552200	50	A	2,20
959381	41	A	3,35
965174	48	A	3,61
96557	32	A	0,36
956497	61	A	4,09
552857	35	A	0,33
552828	35	A	0,44
959370	34	A	2,72
967548	25	A	1,50
558296	31	A	3,59
547805	92	A	0,54
552880	50	A	0,36
552855	29	A	0,41
96555	19	A	0,32
552853	34	A	0,52
944833	47	A	3,20
965101	33	A	4,23
964828	28	A	6,51
552854	38	A	0,52
552860	29	A	0,34
552851	38	A	0,33
552183	17	A	2,23
552643	57	A	2,78
965103	21	A	2,99
552878	35	A	0,57
552192	13	A	2,12
552195	21	A	2,48
552165	16	A	2,80
956495	37	A	3,61

Código	Cantidad de posiciones requeridas con stock	Clasificación	Ratio (Recepción/Demanda)
552187	15	A	2,67
552876	28	B	0,36
552864	25	B	0,29
552803	27	B	0,23
547063	20	B	4,84
552193	15	B	1,98
552163	17	B	1,88
956499	36	B	3,77
964830	20	B	5,33
953208	21	B	2,88
552194	14	B	1,98
552190	13	B	2,21
552872	25	B	0,32
556573	33	B	2,56
552191	17	B	2,65
552182	12	B	2,46
556580	30	B	4,33
956494	25	B	3,76
956500	24	B	2,10
552856	18	C	0,29
552189	10	C	2,61
552893	13	C	0,27
552198	11	C	2,31
549039	6	C	2,95
552181	7	C	2,08
563422	11	C	4,57
550125	4	C	3,19
550123	4	C	3,56
550121	6	C	2,72
550159	3	C	1,64
549431	7	C	2,35
550128	7	C	4,14
549089	3	C	3,79
942860	71	C	0,00
552812	63	C	2,58
549434	2	C	4,91
549065	5	C	3,63
549076	4	C	3,47
549061	3	C	4,28
549103	1	C	3,34

ANEXO H

DISTANCIAS ENTRE POSICIONES Y LAS PUERTAS

TABLA 34 DISTANCIAS ENTRE POSICIONES Y PUERTAS

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
01-001-03	45	92,5	70
01-001-03	45	92,5	70
01-002-03	45	92,5	70
01-003-03	42,5	90	67,5
01-003-03	42,5	90	67,5
01-004-03	42,5	90	67,5
01-005-03	40	87,5	65
01-005-03	40	87,5	65
01-006-03	40	87,5	65
01-007-03	40	87,5	65
01-007-03	40	87,5	65
01-008-03	40	87,5	65
01-009-03	42,5	90	67,5
01-009-03	42,5	90	67,5
01-010-03	42,5	90	67,5
01-011-03	45	92,5	70
01-011-03	45	92,5	70
01-012-03	45	92,5	70
01-013-03	47,5	95	72,5
01-013-03	47,5	95	72,5
01-014-03	47,5	95	72,5
01-015-03	50	97,5	75
01-015-03	50	97,5	75
01-016-03	50	97,5	75
01-017-03	52,5	100	77,5
01-017-03	52,5	100	77,5
01-018-03	52,5	100	77,5
01-019-03	55	102,5	80
01-019-03	55	102,5	80
01-020-03	55	102,5	80
01-021-03	57,5	105	0
01-021-03	57,5	105	0
01-022-03	57,5	105	82,5
01-023-03	60	107,5	0
01-023-03	60	107,5	0
01-024-03	60	107,5	85
01-025-03	62,5	110	87,5
01-025-03	62,5	110	87,5
01-026-03	62,5	110	87,5

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
01-027-03	65	112,5	90
01-027-03	65	112,5	90
01-028-03	65	112,5	90
01-029-03	67,5	115	92,5
01-029-03	67,5	115	92,5
01-030-03	67,5	115	92,5
01-031-03	70	117,5	95
01-031-03	70	117,5	95
01-032-03	70	117,5	95
01-033-03	72,5	120	97,5
01-033-03	72,5	120	97,5
01-034-03	72,5	120	97,5
01-035-03	75	122,5	100
01-035-03	75	122,5	100
01-036-03	75	122,5	100
01-038-03	77,5	125	102,5
01-040-03	80	127,5	105
02-001-03	32,5	82,5	57,5
02-001-03	32,5	82,5	57,5
02-002-03	32,5	82,5	57,5
02-002-03	32,5	82,5	57,5
02-003-03	30	80	55
02-003-03	30	80	55
02-004-03	30	80	55
02-004-03	30	80	55
02-005-03	27,5	77,5	52,5
02-005-03	27,5	77,5	52,5
02-006-03	27,5	77,5	52,5
02-006-03	27,5	77,5	52,5
02-007-03	27,5	77,5	52,5
02-007-03	27,5	77,5	52,5
02-008-03	27,5	77,5	52,5
02-008-03	27,5	77,5	52,5
02-009-03	30	80	55
02-009-03	30	80	55
02-010-03	30	80	55
02-010-03	30	80	55
02-011-03	32,5	82,5	57,5
02-011-03	32,5	82,5	57,5

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
02-012-03	32,5	82,5	57,5
02-012-03	32,5	82,5	57,5
02-013-03	35	85	60
02-013-03	35	85	60
02-014-03	35	85	60
02-014-03	35	85	60
02-015-03	37,5	87,5	62,5
02-015-03	37,5	87,5	62,5
02-016-03	37,5	87,5	62,5
02-016-03	37,5	87,5	62,5
02-017-03	40	90	65
02-017-03	40	90	65
02-018-03	40	90	65
02-018-03	40	90	65
02-019-03	42,5	92,5	67,5
02-019-03	42,5	92,5	67,5
02-020-03	42,5	92,5	67,5
02-020-03	42,5	92,5	67,5
02-021-03	45	95	70
02-021-03	45	95	70
02-022-03	45	95	70
02-022-03	45	95	70
02-023-03	47,5	97,5	72,5
02-023-03	47,5	97,5	72,5
02-024-03	47,5	97,5	72,5
02-024-03	47,5	97,5	72,5
02-025-03	50	100	75
02-025-03	50	100	75
02-026-03	50	100	75
02-026-03	50	100	75
02-027-03	52,5	102,5	77,5
02-027-03	52,5	102,5	77,5
02-028-03	52,5	102,5	77,5
02-028-03	52,5	102,5	77,5
02-029-03	55	105	80
02-029-03	55	105	80
02-030-03	55	105	80
02-030-03	55	105	80
02-031-03	57,5	107,5	82,5

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
02-031-03	57,5	107,5	82,5
02-032-03	57,5	107,5	82,5
02-032-03	57,5	107,5	82,5
02-033-03	60	110	85
02-033-03	60	110	85
02-034-03	60	110	85
02-034-03	60	110	85
02-035-03	62,5	112,5	87,5
02-035-03	62,5	112,5	87,5
02-036-03	62,5	112,5	87,5
02-036-03	62,5	112,5	87,5
02-037-03	65	115	90
02-037-03	65	115	90
02-038-03	65	115	90
02-038-03	65	115	90
02-039-03	67,5	117,5	92,5
02-039-03	67,5	117,5	92,5
02-040-03	67,5	117,5	92,5
02-040-03	67,5	117,5	92,5
03-002-03	10	70	45
03-002-03	10	70	45
03-004-03	12,5	67,5	42,5
03-004-03	12,5	67,5	42,5
03-005-03	15	65	40
03-005-03	15	65	40
03-006-03	15	65	40
03-006-03	15	65	40
03-007-03	15	62,5	37,5
03-007-03	15	62,5	37,5
03-008-03	15	62,5	37,5
03-008-03	15	62,5	37,5
03-009-03	17,5	60	35
03-009-03	17,5	60	35
03-010-03	17,5	60	35
03-010-03	17,5	60	35
03-011-03	20	57,5	32,5
03-011-03	20	57,5	32,5
03-012-03	20	57,5	32,5
03-012-03	20	57,5	32,5

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
03-013-03	22,5	55	30
03-013-03	22,5	55	30
03-014-03	22,5	55	30
03-014-03	22,5	55	30
03-015-03	25	52,5	27,5
03-015-03	25	52,5	27,5
03-016-03	25	52,5	27,5
03-016-03	25	52,5	27,5
03-017-03	27,5	50	25
03-017-03	27,5	50	25
03-018-03	27,5	50	25
03-018-03	27,5	50	25
03-019-03	30	50	25
03-019-03	30	50	25
03-020-03	30	50	25
03-020-03	30	50	25
03-021-03	32,5	52,5	27,5
03-021-03	32,5	52,5	27,5
03-022-03	32,5	52,5	27,5
03-022-03	32,5	52,5	27,5
03-023-03	35	55	30
03-023-03	35	55	30
03-024-03	35	55	30
03-024-03	35	55	30
03-025-03	37,5	57,5	32,5
03-025-03	37,5	57,5	32,5
03-026-03	37,5	57,5	32,5
03-026-03	37,5	57,5	32,5
03-027-03	40	60	35
03-027-03	40	60	35
03-028-03	40	60	35
03-028-03	40	60	35
03-029-03	42,5	62,5	37,5
03-029-03	42,5	62,5	37,5
03-030-03	42,5	62,5	37,5
03-030-03	42,5	62,5	37,5
03-031-03	45	65	40
03-031-03	45	65	40
03-032-03	45	65	40

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
03-032-03	45	65	40
03-033-03	47,5	67,5	42,5
03-033-03	47,5	67,5	42,5
03-034-03	47,5	67,5	42,5
03-034-03	47,5	67,5	42,5
03-035-03	50	70	45
03-035-03	50	70	45
03-036-03	50	70	45
03-036-03	50	70	45
03-037-03	52,5	72,5	47,5
03-037-03	52,5	72,5	47,5
03-038-03	52,5	72,5	47,5
03-038-03	52,5	72,5	47,5
03-039-03	55	75	50
03-039-03	55	75	50
03-040-03	55	75	50
03-040-03	55	75	50
04-001-03	62,5	57,5	35
04-001-03	62,5	57,5	35
04-002-03	62,5	57,5	35
04-002-03	62,5	57,5	35
04-003-03	60	55	32,5
04-003-03	60	55	32,5
04-004-03	60	55	32,5
04-004-03	60	55	32,5
04-005-03	57,5	52,5	30
04-005-03	57,5	52,5	30
04-006-03	57,5	52,5	30
04-006-03	57,5	52,5	30
04-007-03	55	50	27,5
04-007-03	55	50	27,5
04-008-03	55	50	27,5
04-008-03	55	50	27,5
04-009-03	52,5	47,5	25
04-009-03	52,5	47,5	25
04-010-03	52,5	47,5	25
04-010-03	52,5	47,5	25
04-011-03	50	45	22,5
04-011-03	50	45	22,5

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
04-012-03	50	45	22,5
04-012-03	50	45	22,5
04-013-03	47,5	42,5	20
04-013-03	47,5	42,5	20
04-014-03	47,5	42,5	20
04-014-03	47,5	42,5	20
04-015-03	45	40	17,5
04-015-03	45	40	17,5
04-016-03	45	40	17,5
04-016-03	45	40	17,5
04-017-03	42,5	37,5	15
04-017-03	42,5	37,5	15
04-018-03	42,5	37,5	15
04-018-03	42,5	37,5	15
04-019-03	42,5	37,5	15
04-019-03	42,5	37,5	15
04-020-03	42,5	37,5	15
04-020-03	42,5	37,5	15
04-021-03	45	40	17,5
04-021-03	45	40	17,5
04-022-03	45	40	17,5
04-022-03	45	40	17,5
04-023-03	47,5	42,5	20
04-023-03	47,5	42,5	20
04-024-03	47,5	42,5	20
04-024-03	47,5	42,5	20
04-025-03	50	45	22,5
04-025-03	50	45	22,5
04-026-03	50	45	22,5
04-026-03	50	45	22,5
04-027-03	52,5	47,5	25
04-027-03	52,5	47,5	25
04-028-03	52,5	47,5	25
04-028-03	52,5	47,5	25
04-029-03	55	50	27,5
04-029-03	55	50	27,5
04-030-03	55	50	27,5
04-030-03	55	50	27,5
04-031-03	57,5	52,5	30

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
04-031-03	57,5	52,5	30
04-032-03	57,5	52,5	30
04-032-03	57,5	52,5	30
04-033-03	60	55	32,5
04-033-03	60	55	32,5
04-034-03	60	55	32,5
04-034-03	60	55	32,5
04-035-03	62,5	57,5	35
04-035-03	62,5	57,5	35
04-036-03	62,5	57,5	35
04-036-03	62,5	57,5	35
04-037-03	65	60	37,5
04-037-03	65	60	37,5
04-038-03	65	60	37,5
04-038-03	65	60	37,5
04-039-03	67,5	62,5	40
04-039-03	67,5	62,5	40
04-040-03	67,5	62,5	40
04-040-03	67,5	62,5	40
04-041-03	70	65	42,5
04-041-03	70	65	42,5
04-042-03	70	65	42,5
04-042-03	70	65	42,5
04-043-03	72,5	67,5	45
04-043-03	72,5	67,5	45
04-044-03	72,5	67,5	45
04-044-03	72,5	67,5	45
04-045-03	75	70	47,5
04-045-03	75	70	47,5
04-046-03	75	70	47,5
04-046-03	75	70	47,5
04-047-03	77,5	72,5	50
04-047-03	77,5	72,5	50
04-048-03	77,5	72,5	50
04-048-03	77,5	72,5	50
05-001-03	75	0	0
05-001-03	75	0	0
05-002-03	75	0	0
05-002-03	75	0	0

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
05-003-03	72,5	2,5	0
05-003-03	72,5	2,5	0
05-004-03	72,5	2,5	0
05-004-03	72,5	2,5	0
05-005-03	70	5	0
05-005-03	70	5	0
05-006-03	70	5	0
05-006-03	70	5	0
05-007-03	67,5	7,5	0
05-007-03	67,5	7,5	0
05-008-03	67,5	7,5	0
05-008-03	67,5	7,5	0
05-009-03	65	10	0
05-009-03	65	10	0
05-010-03	65	10	0
05-010-03	65	10	0
05-011-03	62,5	12,5	0
05-011-03	62,5	12,5	0
05-012-03	62,5	12,5	0
05-012-03	62,5	12,5	0
05-013-03	60	15	0
05-013-03	60	15	0
05-014-03	60	15	0
05-014-03	60	15	0
05-015-03	57,5	17,5	0
05-015-03	57,5	17,5	0
05-016-03	57,5	17,5	0
05-016-03	57,5	17,5	0
05-017-03	55	20	0
05-017-03	55	20	0
05-018-03	55	20	0
05-018-03	55	20	0
05-019-03	55	22,5	0
05-019-03	55	22,5	0
05-020-03	55	22,5	0
05-020-03	55	22,5	0
05-021-03	57,5	25	0
05-021-03	57,5	25	0
05-022-03	57,5	25	0

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
05-022-03	57,5	25	0
05-023-03	60	27,5	0
05-023-03	60	27,5	0
05-024-03	60	27,5	0
05-024-03	60	27,5	0
05-025-03	62,5	30	0
05-025-03	62,5	30	0
05-026-03	62,5	30	0
05-026-03	62,5	30	0
05-027-03	65	32,5	0
05-027-03	65	32,5	0
05-028-03	65	32,5	0
05-028-03	65	32,5	0
05-029-03	67,5	35	0
05-029-03	67,5	35	0
05-030-03	67,5	35	0
05-030-03	67,5	35	0
05-031-03	70	37,5	0
05-031-03	70	37,5	0
05-032-03	70	37,5	0
05-032-03	70	37,5	0
05-033-03	72,5	40	0
05-033-03	72,5	40	0
05-034-03	72,5	40	0
05-034-03	72,5	40	0
05-035-03	75	42,5	0
05-035-03	75	42,5	0
05-036-03	75	42,5	0
05-036-03	75	42,5	0
05-037-03	77,5	45	0
05-037-03	77,5	45	0
05-038-03	77,5	45	0
05-038-03	77,5	45	0
05-039-03	80	47,5	0
05-039-03	80	47,5	0
05-040-03	80	47,5	0
05-040-03	80	47,5	0
05-041-03	82,5	50	0
05-041-03	82,5	50	0

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
05-042-03	82,5	50	0
05-042-03	82,5	50	0
05-043-03	85	52,5	0
05-043-03	85	52,5	0
05-044-03	85	52,5	0
05-044-03	85	52,5	0
05-045-03	87,5	55	0
05-045-03	87,5	55	0
05-046-03	87,5	55	0
05-046-03	87,5	55	0
05-047-03	90	57,5	0
05-047-03	90	57,5	0
05-048-03	90	57,5	0
05-048-03	90	57,5	0
06-001-03	87,5	57,5	0
06-001-03	87,5	57,5	0
06-002-03	87,5	57,5	0
06-002-03	87,5	57,5	0
06-003-03	85	55	0
06-003-03	85	55	0
06-004-03	85	55	0
06-004-03	85	55	0
06-005-03	82,5	52,5	0
06-005-03	82,5	52,5	0
06-006-03	82,5	52,5	0
06-006-03	82,5	52,5	0
06-007-03	80	50	0
06-007-03	80	50	0
06-008-03	80	50	0
06-008-03	80	50	0
06-009-03	77,5	47,5	0
06-009-03	77,5	47,5	0
06-010-03	77,5	47,5	0
06-010-03	77,5	47,5	0
06-011-03	75	45	0
06-011-03	75	45	0
06-012-03	75	45	0
06-012-03	75	45	0
06-013-03	72,5	42,5	0
06-013-03	72,5	42,5	0
06-014-03	72,5	42,5	0
06-014-03	72,5	42,5	0

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
06-015-03	70	40	0
06-015-03	70	40	0
06-016-03	70	40	0
06-016-03	70	40	0
06-017-03	67,5	37,5	0
06-017-03	67,5	37,5	0
06-018-03	67,5	37,5	0
06-018-03	67,5	37,5	0
06-019-03	67,5	37,5	0
06-019-03	67,5	37,5	0
06-020-03	67,5	37,5	0
06-020-03	67,5	37,5	0
06-021-03	70	40	0
06-021-03	70	40	0
06-022-03	70	40	0
06-022-03	70	40	0
06-023-03	72,5	42,5	0
06-023-03	72,5	42,5	0
06-024-03	72,5	42,5	0
06-024-03	72,5	42,5	0
06-025-03	75	45	0
06-025-03	75	45	0
06-026-03	75	45	0
06-026-03	75	45	0
06-027-03	77,5	47,5	0
06-027-03	77,5	47,5	0
06-028-03	77,5	47,5	0
06-028-03	77,5	47,5	0
06-029-03	80	50	0
06-029-03	80	50	0
06-030-03	80	50	0
06-030-03	80	50	0
06-031-03	82,5	52,5	0
06-031-03	82,5	52,5	0
06-032-03	82,5	52,5	0
06-032-03	82,5	52,5	0
06-033-03	85	55	0
06-033-03	85	55	0
06-034-03	85	55	0
06-034-03	85	55	0
06-035-03	87,5	57,5	0
06-035-03	87,5	57,5	0

Posicion	Puerta Pasillo 3 (m)	Puerta Pasillo 5 (m)	Puerta Picking (m)
06-036-03	87,5	57,5	0
06-036-03	87,5	57,5	0
06-037-03	90	60	0
06-037-03	90	60	0
06-038-03	90	60	0
06-038-03	90	60	0
06-039-03	92,5	62,5	0
06-039-03	92,5	62,5	0
06-040-03	92,5	62,5	0
06-040-03	92,5	62,5	0
06-041-03	95	65	0
06-041-03	95	65	0
06-042-03	95	65	0
06-042-03	95	65	0
06-043-03	97,5	67,5	0
06-043-03	97,5	67,5	0
06-044-03	97,5	67,5	0
06-044-03	97,5	67,5	0
06-045-03	100	70	0
06-045-03	100	70	0
06-046-03	100	70	0
06-046-03	100	70	0
06-047-03	102,5	72,5	0
06-047-03	102,5	72,5	0
06-048-03	102,5	72,5	0
06-048-03	102,5	72,5	0

ANEXO I

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESCENARIO 1

TABLA 35 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESCENARIO 1

SKU	Posición	Punto de preparación	Lower	Level	Upper	Marginal
964696	26	2	.	1.000	1.000	3.896.516
964696	38	5	.	1.000	1.000	3.896.516
959381	14	4	.	1.000	1.000	2.881.175
959381	15	4	.	1.000	1.000	2.881.175
948644	23	1	.	1.000	1.000	3.977.875
948644	59	6	.	1.000	1.000	3.977.875
965174	6	2	.	1.000	1.000	2.750.000
965174	31	3	.	1.000	1.000	2.750.000
89171	46	9	.	1.000	1.000	2.197.800
89171	50	8	.	1.000	1.000	2.197.800
558296	30	3	.	1.000	1.000	2.484.116
558296	35	4	.	1.000	1.000	2.484.116
967548	10	3	.	1.000	1.000	2.463.656
967548	19	5	.	1.000	1.000	2.463.656
552200	43	10	.	1.000	1.000	1.400.025
552200	70	8	.	1.000	1.000	1.400.025
943034	8	2	.	1.000	1.000	4.579.050
943034	17	5	.	1.000	1.000	4.579.050
88267	51	8	.	1.000	1.000	2.523.648
88267	62	10	.	1.000	1.000	2.523.648
944833	7	2	.	1.000	1.000	3.028.438
944833	11	3	.	1.000	1.000	3.028.438
956497	2	1	.	1.000	1.000	3.019.046
956497	27	2	.	1.000	1.000	3.019.046
964828	3	1	.	1.000	1.000	2.929.204
964828	34	4	.	1.000	1.000	2.929.204
964830	18	5	.	1.000	1.000	2.652.375
964830	81	6	.	1.000	1.000	2.652.375
959370	1	1	.	1.000	1.000	3.541.125
959370	24	1	.	1.000	1.000	3.541.125
547063	28	2	.	1.000	1.000	4.051.373
547063	40	5	.	1.000	1.000	4.051.373
552643	20	5	.	1.000	1.000	4.420.054
552643	37	5	.	1.000	1.000	4.420.054
965101	29	3	.	1.000	1.000	4.497.491
965101	32	3	.	1.000	1.000	4.497.491
552195	71	8	.	1.000	1.000	883.850
552195	72	8	.	1.000	1.000	1.687.350
552187	64	10	.	1.000	1.000	1.680.945

SKU	Posición	Punto de preparación	Lower	Level	Upper	Marginal
552187	68	9	.	1.000	1.000	1.680.945
552165	41	10	.	1.000	1.000	1.658.580
552165	52	8	.	1.000	1.000	1.658.580
552192	44	10	.	1.000	1.000	1.614.428
552192	69	8	.	1.000	1.000	1.614.428
552183	49	8	.	1.000	1.000	1.593.270
552183	61	10	.	1.000	1.000	1.593.270
956499	4	1	.	1.000	1.000	3.629.509
956499	21	1	.	1.000	1.000	3.629.509
956495	9	3	.	1.000	1.000	3.596.696
956495	60	6	.	1.000	1.000	3.596.696
965103	22	1	.	1.000	1.000	2.681.800
953208	39	5	.	1.000	1.000	2.958.093
552191	66	9	.	1.000	1.000	1.004.548
552193	42	10	.	1.000	1.000	999.900
556573	16	4	.	1.000	1.000	3.778.057
552190	67	9	.	1.000	1.000	939.207
552163	47	9	.	1.000	1.000	910.745
552194	63	10	.	1.000	1.000	891.247
563422	82	6	.	1.000	1.000	3.163.125
956494	36	4	.	1.000	1.000	3.564.750
552182	48	9	.	1.000	1.000	1.470.840
556580	25	2	.	1.000	1.000	3.037.589
956500	12	3	.	1.000	1.000	3.308.393
552189	53	7	.	1.000	1.000	1.306.609
552198	45	9	.	1.000	1.000	927.394
547805	33	4	.	1.000	1.000	2.128.851
549039	74	7	.	1.000	1.000	993.657
550125	58	6	.	1.000	1.000	935.000
550123	54	7	.	1.000	1.000	841.500
549434	75	7	.	1.000	1.000	800.250
549076	55	7	.	1.000	1.000	691.158
550121	57	6	.	1.000	1.000	1.312.500
549089	80	6	.	1.000	1.000	687.500
550159	76	7	.	1.000	1.000	1.160.250
552181	65	9	.	1.000	1.000	525.972
550128	56	7	.	1.000	1.000	1.140.983
549065	79	6	.	1.000	1.000	1.032.518
549061	73	7	.	1.000	1.000	945.149
942860	5	2	.	1.000	1.000	820.864
549103	77	7	.	1.000	1.000	1.072.058
552812	13	4	.	1.000	1.000	756.575
549431	78	6	.	1.000	1.000	1.033.308

ANEXO J

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESCENARIO 2

TABLA 36 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESCENARIO 2

Posición	SKU	Posición	Punto de preparación	Lower	Level	Upper	Marginal
3	964696	3	1	.	1.000	1.000	3.388.275
26	964696	26	2	.	1.000	1.000	3.388.275
14	959381	14	4	.	1.000	1.000	2.881.175
15	959381	15	4	.	1.000	1.000	2.881.175
30	948644	30	3	.	1.000	1.000	3.977.875
59	948644	59	6	.	1.000	1.000	3.977.875
11	965174	11	3	.	1.000	1.000	2.750.000
81	965174	81	6	.	1.000	1.000	2.750.000
42	89171	42	10	.	1.000	1.000	2.197.800
50	89171	50	8	.	1.000	1.000	2.197.800
28	558296	28	2	.	1.000	1.000	4.742.404
36	558296	36	4	.	1.000	1.000	4.742.404
32	967548	32	3	.	1.000	1.000	4.703.344
82	967548	82	6	.	1.000	1.000	4.703.344
62	552200	62	10	.	1.000	1.000	1.400.025
70	552200	70	8	.	1.000	1.000	1.400.025
17	943034	17	5	.	1.000	1.000	4.579.050
29	943034	29	3	.	1.000	1.000	4.579.050
63	88267	63	10	.	1.000	1.000	2.523.648
71	88267	71	8	.	1.000	1.000	2.523.648
2	944833	2	1	.	1.000	1.000	3.028.438
38	944833	38	5	.	1.000	1.000	3.028.438
10	956497	10	3	.	1.000	1.000	3.019.046
19	956497	19	5	.	1.000	1.000	3.019.046
22	964828	22	1	.	1.000	1.000	2.929.204
31	964828	31	3	.	1.000	1.000	2.929.204
7	964830	7	2	.	1.000	1.000	2.652.375
34	964830	34	4	.	1.000	1.000	2.652.375
9	959370	9	3	.	1.000	1.000	3.541.125
40	959370	40	5	.	1.000	1.000	3.541.125
8	547063	8	2	.	1.000	1.000	4.051.373
12	547063	12	3	.	1.000	1.000	4.051.373
16	552643	16	4	.	1.000	1.000	4.420.054
21	552643	21	1	.	1.000	1.000	4.420.054
1	965101	1	1	.	1.000	1.000	4.497.491
20	965101	20	5	.	1.000	1.000	4.497.491
47	552195	47	9	.	1.000	1.000	883.850
68	552195	68	9	.	1.000	1.000	1.687.350

Posición	SKU	Posición	Punto de preparación	Lower	Level	Upper	Marginal
41	552187	41	10	.	1.000	1.000	1.680.945
52	552187	52	8	.	1.000	1.000	1.680.945
49	552165	49	8	.	1.000	1.000	1.658.580
69	552165	69	8	.	1.000	1.000	1.658.580
44	552192	44	10	.	1.000	1.000	1.614.428
72	552192	72	8	.	1.000	1.000	1.614.428
48	552183	48	9	.	1.000	1.000	1.593.270
61	552183	61	10	.	1.000	1.000	1.593.270
23	956499	23	1	.	1.000	1.000	3.802.343
35	956495	35	4	.	1.000	1.000	3.767.968
27	965103	27	2	.	1.000	1.000	2.681.800
18	953208	18	5	.	1.000	1.000	2.958.093
46	552191	46	9	.	1.000	1.000	1.004.548
66	552193	66	9	.	1.000	1.000	999.900
24	556573	24	1	.	1.000	1.000	3.778.057
67	552190	67	9	.	1.000	1.000	939.207
43	552163	43	10	.	1.000	1.000	910.745
51	552194	51	8	.	1.000	1.000	891.247
4	563422	4	1	.	1.000	1.000	3.163.125
37	956494	37	5	.	1.000	1.000	3.564.750
64	552182	64	10	.	1.000	1.000	1.470.840
33	556580	33	4	.	1.000	1.000	3.037.589
60	956500	60	6	.	1.000	1.000	3.308.393
65	552189	65	9	.	1.000	1.000	1.306.609
45	552198	45	9	.	1.000	1.000	927.394
13	547805	13	4	.	1.000	1.000	2.128.851
74	549039	74	7	.	1.000	1.000	993.657
55	550125	55	7	.	1.000	1.000	935.000
75	550123	75	7	.	1.000	1.000	841.500
80	549434	80	6	.	1.000	1.000	800.250
54	549076	54	7	.	1.000	1.000	691.158
57	550121	57	6	.	1.000	1.000	1.312.500
58	549089	58	6	.	1.000	1.000	687.500
79	550159	79	6	.	1.000	1.000	1.160.250
53	552181	53	7	.	1.000	1.000	525.972
56	550128	56	7	.	1.000	1.000	1.140.983
76	549065	76	7	.	1.000	1.000	1.032.518
73	549061	73	7	.	1.000	1.000	945.149
5	942860	5	2	.	1.000	1.000	820.864
78	549103	78	6	.	1.000	1.000	1.072.058
25	552812	25	2	.	1.000	1.000	756.575
77	549431	77	7	.	1.000	1.000	1.033.308
6	586231	6	2	.	1.000	1.000	4.235.344
39	586231	39	5	.	1.000	1.000	4.235.344

ANEXO K

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESCENARIO 3

TABLA 37 RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESCENARIO 3

SKU	Posición	Punto de preparación	Lower	Level	Upper	Marginal
959381	6	2	.	1.000	1.000	2.881.175
959381	26	2	.	1.000	1.000	2.881.175
948644	3	1	.	1.000	1.000	3.977.875
948644	14	4	.	1.000	1.000	3.977.875
965174	11	3	.	1.000	1.000	2.750.000
965174	23	1	.	1.000	1.000	2.750.000
89171	43	10	.	1.000	1.000	2.197.800
89171	50	8	.	1.000	1.000	2.197.800
558296	10	3	.	1.000	1.000	2.484.116
558296	34	4	.	1.000	1.000	2.484.116
967548	22	1	.	1.000	1.000	2.463.656
967548	38	5	.	1.000	1.000	2.463.656
552200	62	10	.	1.000	1.000	1.400.025
552200	70	8	.	1.000	1.000	1.400.025
943034	18	5	.	1.000	1.000	2.398.550
943034	31	3	.	1.000	1.000	2.398.550
88267	42	10	.	1.000	1.000	2.523.648
88267	71	8	.	1.000	1.000	2.523.648
944833	2	1	.	1.000	1.000	3.028.438
944833	39	5	.	1.000	1.000	3.028.438
956497	35	4	.	1.000	1.000	3.019.046
956497	59	6	.	1.000	1.000	3.019.046
964828	19	5	.	1.000	1.000	2.929.204
964828	30	3	.	1.000	1.000	2.929.204
964830	15	4	.	1.000	1.000	2.652.375
964830	81	6	.	1.000	1.000	2.652.375
959370	20	5	.	1.000	1.000	3.541.125
959370	32	3	.	1.000	1.000	3.541.125
547063	8	2	.	1.000	1.000	4.051.373
547063	12	3	.	1.000	1.000	4.051.373
552643	21	1	.	1.000	1.000	4.420.054
552643	24	1	.	1.000	1.000	4.420.054
965101	7	2	.	1.000	1.000	2.355.829
965101	27	2	.	1.000	1.000	2.355.829
552195	63	10	.	1.000	1.000	883.850
552195	72	8	.	1.000	1.000	1.687.350
552187	48	9	.	1.000	1.000	1.680.945
552187	68	9	.	1.000	1.000	1.680.945

SKU	Posición	Punto de preparación	Lower	Level	Upper	Marginal
552165	41	10	.	1.000	1.000	1.658.580
552165	44	10	.	1.000	1.000	1.658.580
552192	64	10	.	1.000	1.000	1.614.428
552192	69	8	.	1.000	1.000	1.614.428
552183	49	8	.	1.000	1.000	1.593.270
552183	52	8	.	1.000	1.000	1.593.270
956499	9	3	.	1.000	1.000	3.629.509
956499	82	6	.	1.000	1.000	3.629.509
956495	16	4	.	1.000	1.000	3.596.696
956495	37	5	.	1.000	1.000	3.596.696
965103	13	4	.	1.000	1.000	2.584.280
965103	28	2	.	1.000	1.000	2.559.900
953208	36	4	.	1.000	1.000	2.823.634
953208	40	5	.	1.000	1.000	2.823.634
552191	47	9	.	1.000	1.000	1.004.548
552193	51	8	.	1.000	1.000	999.900
556573	60	6	.	1.000	1.000	3.778.057
552190	66	9	.	1.000	1.000	939.207
552163	67	9	.	1.000	1.000	910.745
552194	46	9	.	1.000	1.000	891.247
563422	29	3	.	1.000	1.000	3.163.125
956494	1	1	.	1.000	1.000	3.564.750
552182	61	10	.	1.000	1.000	1.470.840
556580	17	5	.	1.000	1.000	3.008.932
956500	4	1	.	1.000	1.000	3.308.393
552189	45	9	.	1.000	1.000	1.306.609
552198	65	9	.	1.000	1.000	927.394
547805	25	2	.	1.000	1.000	2.128.851
549039	58	6	.	1.000	1.000	993.657
550125	55	7	.	1.000	1.000	935.000
550123	74	7	.	1.000	1.000	841.500
549434	75	7	.	1.000	1.000	800.250
549076	54	7	.	1.000	1.000	691.158
550121	76	7	.	1.000	1.000	1.312.500
549089	80	6	.	1.000	1.000	687.500
550159	56	7	.	1.000	1.000	1.160.250
552181	53	7	.	1.000	1.000	525.972
550128	57	6	.	1.000	1.000	1.140.983
549065	79	6	.	1.000	1.000	1.032.518
549061	73	7	.	1.000	1.000	945.149
942860	33	4	.	1.000	1.000	820.864
549103	78	6	.	1.000	1.000	1.072.058
552812	5	2	.	1.000	1.000	756.575
549431	77	7	.	1.000	1.000	1.033.308

BIBLIOGRAFÍA

1. CARREÑO SOLÍS, ADOLFO. “Logística de la A a la Z”, Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011, Lima, Perú.
2. CUATRECASAS, LLUIS. Lean management: La gestión competitiva por excelencia. Profit Editorial.2010. Barcelona, España.
3. CUATRECASAS ARBÓS, LLUIS. Organización de la producción y dirección de operaciones: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva. Ediciones Díaz de Santos. Madrid, España. 2012.
4. F. GUERRIERO, R. MUSMANNO, O. PISACANE, F. RENDE. 2012. A Mathematical model for the Multi-levels product allocation problem in a warehouse with compability constraints.
5. FRAXELLE, EDWARDS & RICARDO SOJO, 2007. Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
6. FREDERICK S. HILLIER Y GERALD J. LIEBERMAN. Introducción a la Investigación de Operaciones. Novena Edición. 2010. McGraw-Hill Companies, Inc.
7. FUENTES INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN. Módulo 2: Técnicas Administrativas de Compra-Venta. Unidad Didáctica 9: Control y gestión de existencias – Análisis ABC. 2003.

8. GARCIA CERRO, ALBERTO. GARCIA PIQUERES, GEMA. PÉREZ PÉREZ, MARTA. SÁNCHEZ RUIZ, LIDIA. SERRANO, ANA MARÍA. Manual de dirección de operaciones. Decisiones estratégicas. Publican Ediciones, Universidad de Cantabria. España. 2013.
9. JEAN-PHILIPPE GAGLIARDI, ANGEL RUIZ, JACQUES RENAUD, 2008. Space Allocation and stock replenishment synchronization in a distribution center.
10. RONALD H. BALLOU, “Logística Administración de la Cadena de Suministro”, Quinta Edición, Pearson Educación, México, 2004.
11. RUBIO FERRER, JOSÉ. VILLAROEEL VALDEROMO, SUSANA. Gestión de pedidos y stock. Aula Mentor. UA 3: Gestión y preparación de pedidos.
12. SALAZAR LÓPEZ, BRYAN. Diseño y Layout de almacenes y centros de distribución. Disponible en: www.ingenierosindustriales.jimdo.com
13. SANEI, O., NASIRI,V., MARJANI, M.R., MOALTAR HUSSEINI, S.M. A heuristic algorithm for the warehouse space assignment problem considering operational constrains: with application in a case study. Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Kuala Lumpur, Malaysia, January 22 – 24, 2011. Pág. 258 – 264.

14. TOMPKINS, WHITE, BOZER, TANCHOCO. Facilities Planning, 2010. Cuarta Edición. John Wiley & Sons, Inc.
15. UNIVERSITY OF WISCONSIN IN MADISON. Wisconsin Institutes for Discovery. NEOS Server. 2014. Disponible en: <http://www.neos-server.org/neos/>