UNIVERSIDAD DE COSTA RICA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA OPERACIÓN DEL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE GRUPO SERVICA Y DISEÑO DE UNA NUEVA INFRAESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO

PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TOMO I

JORGE ÁLVAREZ CLARE CHEN-HUNG LIU

MARZO, 2010

APROBACIÓN DEL PROYECTO

Inga. Carolina Vásquez Soto

Directora

Escuela de Ingeniería Industrial

Ing. Óscar Sibaja Quesada

Coordinador

Comisión de Investigación y Trabajos Finales de Graduación

Ing. Roberto Quirós Vargas

Profesor coordinador

Panel

Ing. José Roig Zamora

Profesor tutor

Panel

Ing. Víctor Esquivel Méndez

Profesor lector

Panel

Ing. Alexander Araya Ulloa

Contraparte

Panel



Firma

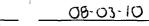
Firma

Firma

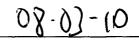
ilma

08-03-10

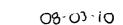
Fecha



Fecha



Fecha



Fecha

08-03-10

Fecha

08-03-10

Firma Fecha

AGRADECIMIENTO

Quisiera agradecer a mis padres por brindarme la oportunidad de tener una educación de primer nivel, y porque siempre han creído en la educación como pilar fundamental del desarrollo integral de la persona. Asimismo quisiera hacer una mención especial a mi tío Demetrio, quién fue el "culpable" de que yo estudiara ingeniería, que si bien ha implicado mucho esfuerzo, creo que ha valido la pena. Por último, quisiera agradecer de manera especial a los profesores y compañeros que a lo largo de la carrera compartieron conmigo sus valiosos conocimientos.

Jorge Álvarez Clare

Agradezco a Dios por concederme el privilegio de realizar estudios en la Universidad de Costa Rica y a mis padres por brindarme su constante apoyo durante estos años de esfuerzo y trabajo. También agradezco a todos los profesores y compañeros quienes me compartieron sus conocimientos y experiencias para mi formación académica y a los miembros del panel quienes me aportaron sus criterios y recomendaciones para el desarrollo de este proyecto de graduación.

Chen-Hung Liu

RESUMEN GERENCIAL

El presente proyecto se desarrolla en el Centro de Distribución (CEDI) de Grupo Servica. Esta es una empresa costarricense que se dedica a la prestación de servicios logísticos. En el transcurso de los últimos años el CEDI ha procurado adaptar su operación, en la medida en que ha sido necesario y factible, para atender de la mejor manera las necesidades de sus clientes, sin embargo se ha hecho bajo un esquema reactivo, y no como resultado de un análisis planificado que tome en cuenta las interacciones existentes entre los distintos factores de la operación.

Una de las consecuencias que eso ha tenido es que la capacidad de almacenamiento actual no es suficiente para satisfacer un crecimiento de la demanda, sea de los clientes actuales o de nuevos clientes, por lo que se limita la posibilidad de incrementar las ventas. Durante el desarrollo de este proyecto se evaluó y analizó la operación actual del CEDI, con el objetivo de encontrar oportunidades de mejora que permitan subsanar esta situación.

En la fase de diagnóstico se desarrollaron cuatro objetivos, el primero de ellos consiste en una caracterización de la operación actual, analizando procesos, equipo, infraestructura e información.

Mediante el análisis de los procesos actuales se identificaron una serie de actividades innecesarias que consumen recursos, tiempo y espacio. Estas actividades son ocasionadas principalmente por dos razones, la primera son los errores de alisto, los cuales hacen que el encargado de reabastecimiento deba revisar el inventario físico contra el registro del sistema, reubicar en el sistema los bultos de aquellos SKUs cuya ubicación física no concuerda con la ubicación registrada en el sistema, y reacomodar los bultos para que sólo quede una tarima incompleta. Además los alistadores deben corregir los errores de alisto detectados durante el chequeo previo al despacho, lo que causa una demora del proceso. La segunda razón es el bajo apoyo del WMS actual a las operaciones, lo que genera actividades que se podrían mejorar, automatizar o eliminar.

Luego, a través del estudio del equipo humano y del equipo para el manejo de materiales que posee el CEDI se observó que aunque la cantidad de operarios asignados al reabastecimiento, alisto y despacho no sería suficiente para llevar a cabo las tareas dentro de las horas disponibles, se cuenta con el apoyo de los operarios de recepción en la realización de estos procesos cuando la carga de trabajo aumenta. Por otra parte, a través del muestreo de trabajo realizado se determinó que el porcentaje de tiempo productivo de los 3 montacargas es 94 %, 91 % y 93 % respectivamente, y el de los 2 apiladores es 91% y 95 % respectivamente, esto evidencia el alto porcentaje de utilización de estos equipos.

Posteriormente para el análisis de la infraestructura se efectuaron tres estudios: el estudio de los flujos que permite visualizar que el patrón de flujo es en forma de U; el estudio del congestionamiento que identifica que el Almacén 1 y la Zona 2 son las dos posibles zonas de congestionamiento, al concentrarse flujos de entrada y de salida de producto; y el estudio de la adyacencia de las zonas que muestra que la zona de recepción no se encuentra adyacente a la zona de almacenamiento, por lo que durante el proceso de recepción se debe pasar por la Zona de Racks y se tienen que recorrer aproximadamente 75 m más, además la zona de almacenamiento semi-permanente no está cerca de la zona de despacho, por lo que en el proceso de alisto de tarimas completas se debe pasar por el Almacén 1 y se tienen que recorrer aproximadamente 64 m más.

Por último, a través de la comparación entre las funcionalidades del WMS con que se cuenta actualmente y las funcionalidades básicas recomendadas se encontró que el WMS actual posee las siguientes debilidades: comete el error de duplicar las licencias recibidas, no permite el *putaway* dirigido ni tampoco el *interleaving*, no identifica si una tarima está completa o no, no determina cuáles productos deben de ser alistados desde la zona de almacenamiento semi-permanente, no permite elegir el algoritmo que se utiliza para diseñar el tour de alisto, no asigna automáticamente las órdenes a los alistadores, no identifica si hay suficiente producto en la zona de alisto para completar el alisto de una factura, no recopila automáticamente la información requerida ni calcula los indicadores necesarios para tener un control del desempeño de las operaciones.

El segundo objetivo del diagnóstico consiste en la caracterización de los perfiles operativos del CEDI, para esto se utilizaron los perfiles de alisto, recepción, actividad, inventario y estacionalidad. Como parte de cada perfil se desarrollaron una serie de análisis que permitieron identificar características muy importantes de la operación que maneja Grupo Servica.

El proceso de alisto se concentra en el alisto de tarimas completas que contienen un solo SKU, un 72,0 % de los viajes de alisto caen dentro de esta categoría, y más de un 70,0 % de las órdenes contienen un volumen de producto superior a una tarima. Por otro lado un 18,0 % de las órdenes contienen menos de 1 m³ de producto, sin embargo solo un 0,86 % de los bultos alistados corresponden a órdenes con un volumen menor a media tarima.

En el caso de la recepción hay una concentración aún mayor en el manejo de tarimas completas de un solo SKU, un 95,6 % de los viajes de recepción caen dentro de esta categoría, y más de un 92,7 % de las órdenes contienen un volumen de producto superior a una tarima.

La actividad de alisto se concentra principalmente en unos pocos productos, un 30 % de los SKUs acaparan el 74,8 % de las líneas alistadas, mientras que un 10 % de los SKUs comprenden el 75,3 % de los m³ de producto alistados.

Al igual que en el alisto, las tarimas en inventario tienen una fuerte concentración en unos pocos productos, un 1,8 % de los SKUs agrupan el 27,3 % del total de tarimas que se tienen en inventario, y un 28,0 % de los productos concentran el 86,8 % del total de tarimas. Mientras que los SKUs de los cuales se tienen 10 tarimas o menos en inventario son un 53,6 % de los SKUs activos, y entre todos ellos solo representan un 3,9 % del total de tarimas en inventario. Esto demuestra que existe un gran contraste entre la cantidad de tarimas que se almacenan de cada SKU, la mayor parte de la capacidad de almacenamiento es consumida por unos pocos productos, mientras que hay muchos productos que requieren poco espacio.

Ni el alisto ni la recepción presentan estacionalidades fuertes definidas. El alisto tiene una tendencia hacia el alza en octubre, sin embargo la variación respecto a los meses anteriores y posteriores nunca es mayor al 15 %. En el caso de la recepción los meses

de enero y marzo son los que presentan los mayores niveles de actividad, y el mayor incremento de un mes a otro es de un 37 %. Es importante señalar que los picos de actividad de ambas operaciones no se dan durante los mismos meses del año. Por su parte los niveles de inventario sí presentan una cierta estacionalidad, siendo los meses de setiembre y noviembre los que tienen valores más elevados, con un 9,4 % y un 11,0 % sobre el promedio, respectivamente.

De acuerdo con los resultados del segundo objetivo del diagnóstico, y con base en diversas fuentes bibliográficas y el conocimiento y experiencia adquiridos por los autores durante la realización de esta investigación, se determinaron las prácticas recomendadas para un centro de distribución que da servicio a clientes con las características de los clientes de Grupo Servica. Entre las principales recomendaciones están la utilización de áreas separadas para el alisto de bultos y el alisto de tarimas, realizar el alisto de tarimas desde el área de almacenamiento semi-permanente, utilizar equipo para el manejo de materiales eficiente en el transporte y manipulación de tarimas, y hacer el *putaway* dirigido por el WMS.

También se recomienda implementar una zonificación por popularidad y aplicar el esquema de "alisto por avenida central con viajes laterales", utilizar distintos sistemas de almacenamiento de acuerdo con las características de los productos que se almacenan en ellos, aquellos con un mayor movimiento cúbico deben de ir en sistemas que permitan un *throughput* elevado, y aquellos con muchas tarimas en inventario deben de ir en sistemas que permitan una alta densidad de almacenamiento.

Posteriormente con base en los resultados y hallazgos obtenidos en los análisis anteriores se identificaron 33 oportunidades de mejora. Por medio de un proceso de clasificación y consolidación se llegó a las siguientes tres oportunidades de mejora para ser abordadas durante la fase de diseño: 1) Implementar una infraestructura de almacenamiento que responda a las necesidades y características de la operación actual del CEDI, especialmente en términos de popularidad y volumen de producto almacenado; 2) Diseñar un *layout* de las instalaciones que permita una mayor densidad de almacenamiento y una mayor productividad en los procesos; y 3) Utilizar equipo

para el manejo de materiales acorde con los requerimientos de cada actividad, adecuado tanto en términos de tipo como de cantidad.

Durante la fase de diseño se desarrollaron tres objetivos, los cuales se plantearon de acuerdo con las oportunidades de mejora señaladas anteriores, y además buscan solventar la problemática que motivó esta investigación, la falta de capacidad de almacenamiento en el CEDI.

Al inicio de esta fase se determinó que era necesario disponer de herramientas que sirvieran de apoyo para el diseño de nuevas infraestructuras de almacenamiento, y que además permitieran evaluar los diferentes diseños elaborados con el objetivo de seleccionar la mejor de las alternativas.

La primera herramienta diseñada se enfoca en la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento y cuenta con cuatro módulos principales. El primer módulo determina cuál es el sistema de almacenamiento óptimo para cada producto y calcula la cantidad de ubicaciones necesarias de cada sistema de almacenamiento para poder colocar cada producto en el sistema de almacenamiento que se determinó era el óptimo. El segundo módulo evalúa una determinada configuración de sistemas de almacenamiento y brinda una serie de variables de salida que permiten un detallado análisis y sirven como base para la comparación entre distintas alternativas de diseño. El tercer módulo realiza una evaluación financiera del proyecto que significaría pasar de la infraestructura de almacenamiento actual a una configuración propuesta. Finalmente el cuarto módulo permite seleccionar el sistema de almacenamiento óptimo para un producto nuevo que se vaya a almacenar dentro del CEDI.

La segunda herramienta se enfoca en la evaluación de la zona de alisto de bultos y cuenta con dos funcionalidades. La primera es analizar la demanda diaria de cada producto para determinar la cantidad de posiciones que sería necesario tener en la zona de alisto de bultos, y la segunda funcionalidad consiste en analizar la popularidad de cada producto y con base en eso asignarlo a una de las zonas de popularidad en el área de alisto de bultos.

Luego de desarrollar ambas herramientas se procedió a la elaboración de diferentes diseños de la infraestructura de almacenamiento. Para esto se tomaron en cuenta las

recomendaciones obtenidas a partir de la investigación realizada en la fase de diagnóstico: implementar sistemas de almacenamiento que permitan una mayor densidad de almacenamiento, separar el alisto de bultos del alisto de tarimas, y utilizar una zonificación por popularidad. Además se tomó en consideración que cada uno de los diseños debía de poderse colocar dentro de las instalaciones actuales del CEDI.

En primera instancia se utilizó la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos" y se determinó que las posiciones necesarias en la zona de alisto de bultos para tener que reabastecer durante el turno de alisto en menos del 10 % de los días son 323. Posteriormente se empleó la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento" para realizar una corrida inicial y conocer el sistema de almacenamiento óptimo para cada uno de los productos, y la cantidad de posiciones que sería necesario tener de cada uno de los sistemas para poder colocar cada producto en el sistema identificado como óptimo para su almacenamiento. Con base en este diseño inicial se fueron desarrollando nuevas alternativas, las cuales se evaluaban y se mejoraban. Finalmente se analizaron con más detalle 10 diseños diferentes, cuyos resultados se presentan en este documento.

De acuerdo con las infraestructuras de almacenamiento propuestas se analizaron las modificaciones necesarias, tanto en los equipos para el manejo de materiales como en el WMS, para la implementación de cualquiera de los diseños. En el caso de los equipos para el manejo de materiales se determinó la necesidad de adquirir un apilador más, y para el caso del WMS sería imprescindible contar con las siguientes dos funcionalidades: permitir el *putaway* guiado y separar las órdenes de alisto en alisto de tarimas completas y alisto de bultos.

Finalmente se procedió a evaluar cada una de las infraestructuras de almacenamiento propuestas con base en variables operativas y financieras. A partir de ese análisis se seleccionó la configuración 1 debido a las siguientes razones:

Es la configuración que obtuvo la mejor calificación en el aspecto operativo, ya que por un lado reduce las distancias recorridas durante el proceso de alisto al colocar los productos de mayor movimiento cúbico cercanos al área de despacho, además permite a los montacargas y apiladores viajar más rápido al eliminar la circulación de las carretillas fuera de la zona de alisto de bultos y al contar con un ancho de pasillo adecuado para el equipo que transita. Por otro lado al realizar el alisto de bultos desde ubicaciones de rack selectivo no se entorpece el proceso, como sucede en el caso de las alternativas en que se propone realizar el alisto de bultos desde posiciones de rack de doble profundidad.

Es la configuración que presenta los resultados más atractivos en el aspecto financiero, pues requiere de la menor inversión: \$218 240, cuenta con un corto tiempo de recuperación de la inversión: 1,4 años, y tiene una excelente tasa interna de retorno: 82,5 %.

Además es la configuración que brinda una mayor flexibilidad, pues mantiene los racks de doble profundidad de 1,4 m de ancho, por lo que se podría almacenar producto de cualquiera de los clientes en estas ubicaciones en caso de ser necesario.

Luego de la selección del mejor *layout* junto con su infraestructura de almacenamiento, se determinó el *slotting* de los productos dentro del almacén. Se detalló en cuál sistema de almacenamiento se debe de colocar cada uno de los SKUs, también cuántas ubicaciones del área de alisto de bultos se asignaron para cada uno de los SKUs, y en cuál de las zonas de popularidad.

La fase de diseño finaliza con el desarrollo de una metodología de gestión de la infraestructura de almacenamiento, la cual tiene el fin de permitir a la empresa continuar en un ciclo de mejora continua. Esta metodología consta de tres etapas: planificar, implementar y mantener. El presente proyecto corresponde a la primera etapa, al concluir este proyecto la empresa deberá continuar con la implementación de la infraestructura de almacenamiento recomendada, y posteriormente mantener las mejoras logradas.

En la fase de validación se desarrollaron dos objetivos. El primer objetivo consiste en comprobar que las herramientas diseñadas son efectivas para la evaluación y selección de infraestructuras de almacenamiento.

En el caso de la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento" se realizó una simulación en el escenario de la infraestructura de

almacenamiento actual y se analizaron los siguientes tres resultados: 1) La herramienta mostró que en un 73,17 % de los días hubo un faltante de posiciones, lo que concuerda con la necesidad que se tuvo en la realidad de colocar las tarimas en los pasillos y en zonas que no están destinadas para el almacenamiento de los productos analizados. 2) La diferencia entre el área que la herramienta calculó que se necesita para colocar la infraestructura de almacenamiento que se tiene actualmente y el área que ocupa realmente fue menor al 1,7 %, lo que demuestra la exactitud del cálculo. 3) La herramienta indicó que la capacidad bruta de almacenamiento es de 7 916 posiciones, lo cual sólo difiere en un 0,24 % respecto a la capacidad real.

En el caso de la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos" se realizó una simulación usando datos de alisto del 11/01/10 al 22/01/10. El resultado obtenido fue que se habría tenido que reabastecer durante el turno de alisto en 13 ocasiones, lo cual es muy inferior a las 207 veces que se definió como máximo al utilizar la herramienta para determinar la cantidad de ubicaciones que se debían de asignar a cada producto. Esto demuestra que al instalar la cantidad de posiciones que la herramienta indica se puede tener certeza que será preciso reabastecer en un porcentaje de los días menor a lo establecido como el máximo permitido.

Por otra parte para lograr el cumplimiento de la fase de mantenimiento de la metodología propuesta es de vital importancia que el personal del CEDI comprenda el funcionamiento y uso de ambas herramientas, por eso se realizaron dos sesiones de capacitación (el 08/01/10 y el 20/01/10 respectivamente) y se les entregaron detallados manuales de usuario de cada una de las herramientas.

Para el segundo objetivo de la validación se analizaron las mejoras que se lograrían mediante la implementación de la infraestructura de almacenamiento propuesta. Este análisis se hizo en torno a tres ejes: capacidad, operación y rentabilidad.

En el aspecto de la capacidad, aunque el porcentaje de utilización bajó en un 4,5 %, la capacidad bruta de almacenamiento aumentó en un 17,38 %, lo cual permitió que la capacidad neta de almacenamiento se incrementara en un 11,83 % con respecto a la actual.

En el aspecto operativo, el principal beneficio es que las distancias recorridas tanto en el alisto de bultos como en el alisto de tarimas completas son menores a las actuales, además de que los montacargas y apiladores pueden viajar más rápido al no haber peligro de un choque con un alistador.

Finalmente en el aspecto de la rentabilidad, se obtuvo un valor actual neto de \$416 799 al realizar una inversión de \$ 218 240. Además se tiene un tiempo de recuperación de la inversión de 1,4 años, y una tasa de retorno del 82,5 %, lo cual es muy superior al 15 % que la empresa definió como su tasa de descuento. Esto es una clara muestra de lo beneficioso que sería para la empresa la implementación del diseño propuesto en este proyecto.

ÍNDICE

Introd	lucción	20
	ulo I: Tema de proyecto	
1.1.	Problemática	
1.2.	Enunciado del problema	
1.3.	Objetivo general	
1.4.	Alcances y limitaciones	
1.5.	Beneficios teóricos-prácticos	24
1.5	5.1. Beneficios para la sociedad	24
1.5	5.2. Beneficios para la Ingeniería Industrial	24
1.5	5.3. Beneficios para la entidad organizacional	24
1.5	.4. Beneficios para el estudiante	24
1.6.	Marco teórico	25
1.6	.1. Cadena de abastecimiento	25
1.6	3.2. Logística	25
1.6	3.3. Almacenamiento	25
1.7.	Metodología general	26
1.8.	Cronograma	30
Capítu	ılo II: Diagnóstico	31
2.1.	Objetivos del diagnóstico	31
2.1	.1. Objetivo general del diagnóstico	31
2.1	.2. Objetivos específicos del diagnóstico	31
2.2.	Metodología del diagnóstico	31
2.2	.1. Metodología del primer objetivo	33
2.2	.2. Metodología del segundo objetivo	34
2.2.	.3. Metodología del tercer objetivo	34
2.2.	.4. Metodología del cuarto objetivo	35
2.3.	Desarrollo del diagnóstico	36
2.3.	.1. Generalidades de la organización	36
2	.3.1.1. Características generales de la organización	36
2	3.1.2. Características generales del CEDI	36

2.3.2.	Caracterización de la operación actual del CEDI	38
2.3.2.1	Procesos	38
2.3.2.2	. Equipo	57
2.3.2.3	. Infraestructura	67
2.3.2.4	. Información	76
2.3.3.	Caracterización de los perfiles operativos del CEDI	85
2.3.3.1	Perfil de alisto	86
2.3.3.2	Perfil de recepción	100
2.3.3.3	Perfil de actividad	107
2.3.3.4	Perfil de inventario	118
2.3.3.5	Perfil de estacionalidad	126
2.3.4.	eterminación de las prácticas recomendadas para el CEDI	132
2.3.4.1	Alisto	133
2.3.4.2	Recepción	136
2.3.4.3	Actividad	138
2.3.4.4	Inventario	141
2.3.4.5	Estacionalidad	144
2.3.5. lo	dentificación y selección de las oportunidades de mejora	146
2.3.5.1	Identificación de las oportunidades de mejora	146
2.3.5.2.	Selección de las oportunidades de mejora	152
Capítulo III	: Diseño	.160
3.1. Objet	iyos del diseño	160
3.1.1. C	bjetivo general del diseño	160
3.1.2. C	bjetivos específicos del diseño	160
3.2. Metod	dología del diseño	160
3.2.1. N	letodología del primer y segundo objetivo del diseño	161
3.2.2. N	letodología del tercer objetivo del diseño	163
3.3. Desa	rrollo del diseño	164
3.3.1. D	iseño de las herramientas	164
3.3.1.1. almace	Herramienta para la evaluación y selección de sistemas namiento	
3.3.1.2.	Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos	194
3.3.2. D	iseño de la nueva infraestructura de almacenamiento	202

3.3.2.1. Infraestructura de almacenamiento actual	202
3.3.2.2. Diseño de las infraestructuras de almacenamiento propuestas	207
3.3.2.3. Requerimientos del WMS y de los equipos para el manej materiales para la implementación de las infraestructuras de almacenam propuestas	niento
3.3.2.4. Evaluación y selección de las infraestructuras de almacenam diseñadas	
3.3.2.5. Slotting de los productos	251
3.3.3. Metodología de gestión de la infraestructura de almacenamiento	25 3
Capítulo IV: Validación	.257
4.1. Objetivos de la validación	257
4.1.1. Objetivo general de la validación	257
4.1.2. Objetivos específicos de la validación	257
4.2. Metodología de la validación	257
4.2.1. Metodología del primer objetivo de la validación	258
4.2.2. Metodología del segundo objetivo de la validación	258
4.3. Desarrollo de la validación	259
4.3.1. Validación de las herramientas desarrolladas	259
4.3.1.1. Herramienta para la evaluación y selección de sistemas almacenamiento	
4.3.1.2. Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos	262
4.3.1.3. Capacitación en la utilización de las herramientas	26 3
4.3.2. Validación del diseño propuesto para el CEDI	264
4.3.2.1. Capacidad	264
4.3.2.2. Operación	
4.3.2.3. Rentabilidad	267
Conclusiones	.268
Bibliografía	.271
Glosario	.272
Anevoe	277

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de la metodología general	29
Figura 2: Mapa de la metodología de diagnóstico	32
Figura 3: Exactitud del alisto	52
Figura 4: Exactitud del chequeo de despacho	55
Figura 5: Principales zonas del CEDI	68
Figura 6: Rack J y Rack K del Almacén 1	70
Figura 7: Principales flujos del CEDI	73
Figura 8: Zonas de congestionamiento del CEDI	74
Figura 9: Mezcla por familias en las órdenes de alisto	88
Figura 10: Tarimas completas/parciales en las órdenes de alisto	90
Figura 11: Representación gráfica de distintos tipos de viaje de alisto	91
Figura 12: Viajes de alisto según la cantidad de SKUs transportados	92
Figura 13: Fracciones de tarima solicitadas por línea	94
Figura 14: Líneas por orden en las órdenes de alisto	95
Figura 15: Tarimas por orden en las órdenes de alisto con 5 líneas o menos	96
Figura 16: Volumen por orden en las órdenes de alisto	97
Figura 17: Análisis conjunto de volumen y líneas por orden (Alisto)	98
Figura 18: Mezcla por familias en las órdenes de recepción	101
Figura 19: Viajes de recepción según la cantidad de SKUs transportados	102
Figura 20: Líneas por orden en los viajes de recepción	104
Figura 21: Volumen por orden en las órdenes de recepción	105
Figura 22: Análisis conjunto de volumen y líneas por orden (Recepción)	106
Figura 23: Popularidad por artículo	109
Figura 24: Movimiento cúbico por artículo	111
Figura 25: Análisis conjunto de popularidad y movimiento cúbico	112
Figura 26: Variabilidad de la demanda diaria (tarimas)	116
Figura 27: Comparativo entre volumen alistado e inventario promedio por familia	118
Figura 28: Distribución de tarimas por SKU	120
Figura 29: Comparación entre promedio anual y promedio mensual	123
Figura 30: Comparación entre promedio trimestral y promedio mensual	124
Figura 31: Comparación entre un solo día y promedio mensual	125

Figura 32: Estacionalidad del alisto	. 128
Figura 33: Estacionalidad de la recepción	. 129
Figura 34: Estacionalidad del inventario	. 131
Figura 35: Ubicación dentro del almacén de los 3 principales productos en término movimiento cúbico	
Figura 36: Distribución acumulada de tarimas en inventario por SKU	. 142
Figura 37: Estacionalidad conjunta del alisto y la recepción	. 146
Figura 38: Mapa de la metodología del diseño	. 161
Figura 39: Menú principal de la herramienta para la selección y evaluación de siste de almacenamiento	
Figura 40: Lógica del módulo 1	. 167
Figura 41: Pantalla donde se muestra el sistema de almacenamiento óptimo para producto	
Figura 42: Pantalla donde se muestra la cantidad de posiciones necesarias de sistema de almacenamiento	
Figura 43: Pantalla donde se selecciona la configuración de sistemas almacenamiento que se desea evaluar	
Figura 44: Lógica del módulo 2	. 176
Figura 45: Gráfico de área necesaria según el sistema de almacenamiento elegido :	. 180
Figura 46: Gráfico de capacidad y requerimientos de un sistema de almacenam	
Figura 47ː Ejemplo de los resultados obtenidos para una configuración de sistema almacenamiento	as de
Figura 48: Pantalla donde se muestra la evaluación financiera	. 193
Figura 49: Pantalla de salida del sistema de almacenamiento óptimo para un n producto	
Figura 50: Lógica de la funcionalidad 1	. 196
Figura 51: Pantalla donde se muestran los resultados de la determinación de ubicaciones en la zona de alisto de bultos	
Figura 52: Lógica de la funcionalidad 2	. 200
Figura 53: Pantalla donde se muestran los resultados de la asignación de los produ a las zonas del área de alisto de bultos	
Figura 54: Configuración actual del Almacén 1	. 20 3
Figura 55: Configuración actual de la Zona de Racks	204
Figura 56: Configuración actual del Almacén 2	205
Figura 57: Configuración actual de la Zona 2	206

Figura 58: Configuración propuesta 1 para el Almacén 1	212
Figura 59: Configuración propuesta 1 para la Zona de Racks	213
Figura 60: Configuración propuesta 1 para la Zona 2	214
Figura 61: Configuración propuesta 2 para el Almacén 1	215
Figura 62: Configuración propuesta 3 para el Almacén 1	216
Figura 63: Configuración propuesta 4 para el Almacén 1	219
Figura 64: Configuración propuesta 5 para el Almacén 1	220
Figura 65: Configuración propuesta 6 para el Almacén 1	222
Figura 66: Configuración propuesta 7 para el Almacén 1	224
Figura 67: Configuración propuesta 2 para la Zona de Racks	226
Figura 68: Flujo en las infraestructuras de almacenamiento propuestas	233
Figura 69: Inversión y valor actual neto de las configuraciones propuestas	247
Figura 70: Metodología de gestión de la infraestructura de almacenamiento	253

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Metodología general del proyecto
Cuadro 2: Cronograma del proyecto
Cuadro 3: Análisis del exceso de ubicaciones de alisto asignadas a los cinco productos de mayor movimiento cúbico
Cuadro 4: Equipo humano del CEDI de Grupo Servica
Cuadro 5: Funcionalidades básicas recomendadas para un WMS77
Cuadro 6: Tipos de viajes de alisto
Cuadro 7: Oportunidades de mejora identificadas
Cuadro 8: Oportunidades de mejora clasificadas como fuera del alcance de la investigación
Cuadro 9: Tarimas en inventario por día de los productos A y B
Cuadro 10: Tarimas en inventario por día de los productos A y B
Cuadro 11: Porcentaje de los días en que se solicita menos de esa cantidad de tarimas en forma de bultos
Cuadro 12: Infraestructura de almacenamiento actual del CEDI
Cuadro 13: Medidas utilizadas para el diseño de las infraestructuras de almacenamiento
Cuadro 14: Aspectos considerados para el diseño de las infraestructuras de almacenamiento
Cuadro 15: Porcentaje de aumento en las posiciones de rack de doble profundidad con respecto a la infraestructura de almacenamiento actual
Cuadro 16: Porcentaje de disminución en las posiciones de rack selectivo y almacenamiento en bloque con respecto a la infraestructura de almacenamiento actual
Cuadro 17: Principales resultados de capacidad de cada configuración propuesta 242
Cuadro 18: Costo de los distintos tipos de rack243
Cuadro 19: Inversión necesaria para cada configuración propuesta244
Cuadro 20: Evaluación financiera de las configuraciones propuestas246
Cuadro 21: Resultados de capacidad de la infraestructura de almacenamiento actual y la propuesta

INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial desarrollado en el Centro de Distribución de Grupo Servica en el período comprendido entre el mes de enero del 2009 y el mes de febrero del 2010.

La problemática que motivó este proyecto es el faltante de capacidad de almacenamiento del Centro de Distribución, resultado de que la cantidad de producto manejado ha venido aumentando a lo largo de los últimos años, sin embargo este crecimiento no ha venido acompañado de un incremento proporcional en la disponibilidad de recursos. Por esta razón los recursos actuales son insuficientes para satisfacer un crecimiento de la demanda, de modo que se vuelve imperativo lograr un mejor aprovechamiento de los mismos para hacer frente a esta situación.

La primera fase, el diagnóstico, consiste en un análisis de la situación actual del Centro de Distribución. Primeramente se caracterizó la operación actual en torno a cuatro aspectos: procesos, equipo, infraestructura e información, con el fin de detectar oportunidades de mejora presentes en las prácticas operativas de hoy día. Posteriormente se desarrollaron los perfiles operativos con base en cinco grupos: perfil de alisto, perfil de recepción, perfil de actividad, perfil de inventario y perfil de estacionalidad, con el objetivo de identificar las características que definen a los clientes actuales. Finalmente basándose en los resultados y hallazgos obtenidos se identificaron las oportunidades de mejora que sirvieron de insumo para el desarrollo de la siguiente fase del proyecto.

La segunda fase, el diseño, busca proponer soluciones que solventan la problemática encontrada al inicio del proyecto y que responden a las oportunidades de mejora identificadas en la fase de diagnóstico. Como parte del desarrollo se construyeron dos herramientas en Microsoft Excel, una para la evaluación de la zona de alisto de bultos y otra para la selección y evaluación de los sistemas de almacenamiento. Estas herramientas fueron utilizadas para determinar la cantidad de posiciones necesarias en el área de alisto de bultos y para evaluar distintas posibles configuraciones de la

infraestructura de almacenamiento. Finalmente se seleccionó el mejor de los diseños propuestos tomando en cuenta tanto las variables operativas como las financieras.

Por otro lado, se desarrolló una metodología que detalla los pasos que se siguieron a lo largo de esta investigación, tanto en la fase de diagnóstico como en la de diseño, que le permite a la empresa continuar en un ciclo de mejora continua de la gestión de su infraestructura de almacenamiento.

La tercera fase, la validación, radica en una comprobación de las mejoras logradas con la solución propuesta. En primer lugar se comprobó que las herramientas desarrolladas son efectivas para la evaluación y selección de infraestructuras de almacenamiento, también para el diseño de la zona de alisto de bultos. Y en segundo lugar se demostró que mediante la implementación del diseño propuesto para el Centro de Distribución se lograría un aumento en la capacidad de almacenamiento y en la rentabilidad del negocio.

1.1. Problemática

Grupo Servica es una empresa de capital costarricense dedicada a la prestación de servicios logísticos. Actualmente cuenta con una planilla de 217 colaboradores. Los principales servicios que brinda son: transporte internacional (aéreo, marítimo y terrestre), agencia de aduanas, almacén fiscal, centro de distribución, transporte local y asesoría logística.

En el transcurso de los últimos años la estrategia del Centro de Distribución ha sido enfocarse en manejar un número reducido de clientes, pero gran cantidad de producto de cada uno de ellos. Actualmente los dos clientes más importantes representan más del 90 % del producto manejado.

Como parte de esta estrategia se ha procurado adaptar la operación en la medida en que fuese necesario y factible, para atender de la mejor manera las necesidades de estos dos clientes, sin embargo se ha hecho bajo un esquema reactivo, y no como resultado de un análisis integral que tome en cuenta las repercusiones sobre las distintas variables de operación del CEDI.

Esta situación no ha tenido efectos negativos sobre los clientes, quienes se encuentran satisfechos con los servicios prestados por la compañía, pero sí ha afectado el aprovechamiento de los recursos, principalmente del espacio disponible para almacenamiento.

El 74 % de las posiciones de almacenamiento que tiene el CEDI están en sistemas de almacenamiento de baja densidad (rack selectivo y rack de doble profundidad), sin embargo según datos de enero de 2009 de los 5 productos más populares se tienen por lo menos 300 tarimas de cada uno (en conjunto estos productos representan más del 30 % del total de producto almacenado), lo que los hace buenos candidatos para sistemas de almacenamiento de alta densidad.

La situación anterior se agrava si se toma en cuenta que en los últimos dos años se ha duplicado la cantidad de producto que la empresa almacena en el CEDI, no obstante la

infraestructura de almacenamiento no ha crecido al mismo ritmo, lo que ha ocasionado que la capacidad actual sea insuficiente.

Si se logra incrementar la capacidad de almacenamiento sería posible brindarles servicio a más clientes, o aumentar la cantidad de producto manejado de los clientes actuales. Varias empresas han mostrado interés en utilizar los servicios del CEDI, sin embargo no se han entablado negociaciones porque no se tiene capacidad disponible.

Otro elemento importante es que el alquiler de las bodegas (las bodegas que usa la empresa son alquiladas) es el principal rubro de costos, y representa más del 40 % del costo total. Por lo tanto si se logra aumentar la densidad de almacenamiento se incrementaría el margen de utilidad del servicio. De esta manera se lograría un aumento en las utilidades de dos formas distintas, al incrementar la cantidad de servicios vendidos, y al obtener más utilidad por cada uno de esos servicios.

1.2. Enunciado del problema

La capacidad de almacenamiento actual del Centro de Distribución no es suficiente para satisfacer un crecimiento de la demanda, sea de los clientes actuales o de nuevos clientes, limitando la posibilidad de incrementar las ventas.

1.3. Objetivo general

Mejorar el aprovechamiento de los recursos de manera que sea posible incrementar el volumen de producto manejado y aumentar la rentabilidad del negocio.

1.4. Alcances y limitaciones

La principal limitante del proyecto consiste en que las oportunidades de mejora que se consideren para ser desarrolladas deberán de ser factibles desde el punto de vista financiero, tomando en cuenta que la compañía no está en condición de realizar cuantiosas inversiones.

Se entregará un análisis integral de la operación del CEDI, haciendo énfasis en las diferencias existentes con respecto a las características de una operación óptima que maneje el tipo de clientes que posee la compañía. Con base en esto se desarrollará una metodología general de evaluación de la operación de un centro de distribución.

Además se utilizará una metodología de evaluación de oportunidades de mejora, la cual será aplicada para seleccionar aquellas oportunidades de mejora que serán desarrolladas durante la fase de diseño.

1.5. Beneficios teóricos-prácticos

1.5.1. Beneficios para la sociedad

Se proveerá una propuesta de mejora que les permita a los empleados del CEDI de Grupo Servica trabajar dentro de un ambiente laboral seguro y confortable. Además se buscará incrementar la rentabilidad del negocio, de modo que la empresa pueda expandir su operación y ofrecer más oportunidades de empleo.

1.5.2. Beneficios para la Ingeniería Industrial

Se utilizarán los principios y herramientas de administración de almacenes y análisis de datos para estudiar la operación de un CEDI e identificar las diferencias existentes con respecto a las prácticas recomendadas; esta misma metodología puede ser usada posteriormente para el análisis de otros almacenes. Además se desarrollará una metodología de evaluación de oportunidades de mejora para el caso particular de un centro de distribución.

1.5.3. Beneficios para la entidad organizacional

Se propondrán alternativas para aumentar la densidad de almacenamiento y mejorar el aprovechamiento de los recursos en el CEDI de Grupo Servica; de manera que le permita a la empresa incrementar el volumen de producto manejado, satisfacer la demanda de los clientes tanto existentes como potenciales y aumentar la rentabilidad del negocio.

1.5.4. Beneficios para el estudiante

Le permitirá al estudiante adquirir experiencia y formar criterio para identificar y solucionar un problema, también analizar y mejorar una situación que se presenta en un CEDI. Además le brindará la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos

durante su desarrollo académico y completar su formación en el campo de la ingeniería industrial.

1.6. Marco teórico

1.6.1. Cadena de abastecimiento

La cadena de abastecimiento comprende todas las partes involucradas, directa o indirectamente, en satisfacer las solicitudes de un cliente (Chopra, 2007). Esto implica que no sólo incluye los productores y los proveedores, sino también los transportistas, el almacenamiento, los detallistas y hasta los mismos clientes.

1.6.2. Logística

La logística es el flujo de material, información y dinero entre consumidores y proveedores (Frazelle, 2002a). La logística incluye cinco actividades principales: respuesta al cliente, manejo de inventarios, abastecimiento, transporte y almacenamiento.

1.6.3 Almacenamiento

El objetivo del almacenamiento es lograr un emparejamiento entre la oferta y la demanda, es decir, asegurar que las cosas están cuando se necesitan y donde se necesitan. Esta actividad logística representa costos significativos para las empresas, generalmente comprende entre un 2 % y un 5 % de las ventas totales de la compañía (Frazelle, 2002b).

Las actividades fundamentales que se llevan a cabo son: recepción de mercadería, preempaque, colocación en el área de almacenamiento (*putaway*), almacenamiento, alisto de órdenes (*order picking*), empacado y despacho.

Recepción de mercadería: trasladar los productos del medio de transporte en el que llegaron al almacén, verificar que la cantidad y el estado de los productos sea el adecuado, y asignar hacia dónde se deben de movilizar.

Preempaque: si los productos son recibidos en unidades de manejo distintas de las que se desean utilizar dentro del almacén es necesario el preempaque. Por ejemplo cuando se recibe el producto a granel y en el almacén se maneja en tarimas es necesario entarimar las cajas de producto antes de colocarlo en el área de almacenamiento. Esta actividad es opcional, no siempre se lleva a cabo.

Colocación en el área de almacenamiento: transportar los productos hasta la ubicación exacta donde van a ser almacenados y colocados. En el caso de *cross-docking* esta actividad consiste en transportar el producto hasta la puerta donde está siendo alistada la orden que incluye ese producto.

Almacenamiento: incluye todo el tiempo que cada producto pasa en el área de almacenamiento hasta que sea solicitado en una orden. El método de almacenamiento depende de la cantidad y el tamaño del producto que se está almacenando y del sistema de manejo de materiales utilizado en el almacén.

Alisto de órdenes: recolectar todos los productos solicitados de sus respectivas ubicaciones de almacenamiento y juntarlos para completar el pedido.

Empacado: preparar físicamente el pedido para que responda a las necesidades del cliente. Por ejemplo puede consistir en construir tarimas con los distintos productos solicitados, o por el contrario retirar los productos de las tarimas de manera que puedan ser despachados a granel. Esta actividad también es opcional.

Despacho: verificar que lo alistado corresponde con lo pedido, y que el estado de todos los productos es el ideal. Además adjuntar los documentos del envío y colocar la orden dentro del medio de transporte, como en el contenedor o camión para transporte terrestre.

1.7. Metodología general

A continuación se presenta la metodología general que describe las actividades por realizar para alcanzar el objetivo general del proyecto.

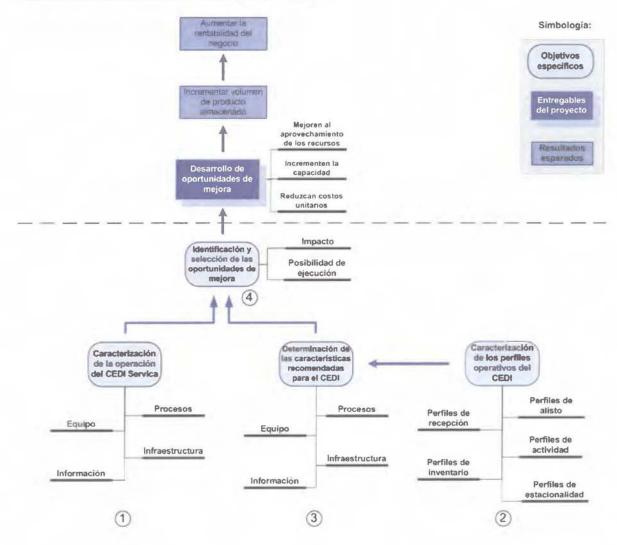
Cuadro 1: Metodología general del proyecto

Actividades	Herramientas	Resultados o productos esperados	Indicadores de impacto	Beneficios asociados
Caracterizar los clientes actuales del CEDI, haciendo énfasis en el tipo de productos que manejan y requerimientos específicos de los servicios.	Revisión bibliográfica. Perfiles de productos. Perfiles de órdenes. Análisis de datos. Entrevistas. Observación directa.	Caracterización de cada uno de los clientes indicando los productos manejados y los requerimientos de servicios.	Porcentaje de clientes analizados = (Cantidad de clientes analizados / Clientes totales) * 100	Obtención del conocimiento de las características de los clientes actuales para poder satisfacer sus requerimientos como proveedor de servicios de almacenamiento.
Determinar las prácticas operativas, la infraestructura, y los equipos recomendados para brindar servicios de almacenamiento de clase mundial y analizar cuáles son aplicables al tipo de operación del CEDI.	Revisión bibliográfica. Entrevistas. Observación directa.	Descripción de las características que debe poseer una operación que maneja el tipo de clientes que tiene Grupo Servica para ser óptima.		Permite definir un horizonte hacia el cual deben de apuntar las mejores que se implementen en el CEDI.
Caracterizar la operación actual del CEDI con el fin de identificar las diferencias existentes entre la operación del CEDI y una operación óptima.	Revisión documental. Diagramas de flujo de proceso. Diagramas de recorrido. Entrevistas. Observación directa. Planos.	Caracterización de la operación actual del CEDI. Identificación de las principales diferencias existentes entre la operación del CEDI y una operación óptima.		Documentar con detalle las características de la operación actual del CEDI. La comparación con las características recomendadas permite tener una idea más objetiva del desempeño del CEDI.

Actividades	Herramientas	Resultados o productos esperados	Indicadores de impacto	Beneficios asociados
Identificar las oportunidades de mejora con base en las deficiencias encontradas en los puntos anteriores, además priorizarlas según su posibilidad de ejecución y resultados esperados.	Entrevistas. Observación directa. Evaluación de posibilidad de ejecución. Evaluación de impacto esperado.	Listado de oportunidades de mejora describiendo su posibilidad de ejecución y resultados esperados.	Porcentaje de oportunidades de mejora obtenidas = (Cantidad de oportunidades de mejora obtenidas / Cantidad de deficiencias identificadas) * 100	La propuesta de mejora que se desarrollará debe responder a las deficiencias identificadas.
Desarrollar una metodología general de evaluación de la operación de un centro de distribución con base en lo realizado en los objetivos anteriores.	Todas las utilizadas en los objetivos anteriores.	Metodología general de evaluación de la operación de un centro de distribución.		Permitirá que la empresa realice nuevas evaluaciones en el futuro. Podrá ser utilizada para evaluar otros centros de distribución.
Diseñar y desarrollar propuestas de mejora que permitan responder a las deficiencias identificadas y mejorar el aprovechamiento de los recursos.	Serán definidas a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico.	Diseño de una propuesta de mejora tomando en cuenta las oportunidades de mejora prioritarias.	Porcentaje de aumento de densidad de almacenamiento = [(Densidad actual – Densidad nueva) / Densidad actual] * 100	Aumento del aprovechamiento de los recursos, aumento de la capacidad de almacenamiento.
Desarrollar una metodología de evaluación de oportunidades de mejora.	Análisis de posibilidad de ejecución. Evaluación de impacto esperado.	Metodología de evaluación de oportunidades de mejora para el CEDI.		Permitirá la evaluación de nuevas oportunidades de mejora en el futuro por parte del personal de la compañía.

La siguiente figura muestra un mapa que representa la metodología general del proyecto descrita anteriormente.

Figura 1: Mapa de la metodología general



1.8. Cronograma

Para llevar a cabo las actividades planeadas en la metodología general se diseñó el siguiente cronograma.

Cuadro 2: Cronograma del proyecto

Semana	Actividad				
1	 Elaboración de propuesta del proyecto Presentación de propuesta del proyecto y su respectiva aprobación 				
2	 Elaboración de metodología de diagnóstico Presentación de metodología de diagnóstico y su respectiva aprobación 				
3	Desarrollo de diagnóstico y su respectivo panel de consulta: Caracterización de los clientes				
4	Desarrollo de diagnóstico y su respectivo panel de consulta: Caracterización de los clientes				
5	Desarrollo de diagnóstico y su respectivo panel de consulta: Caracterización de las prácticas operativas				
6	Desarrollo de diagnóstico y su respectivo panel de consulta: Caracterización de las prácticas operativas				
7	Desarrollo de diagnóstico y su respectivo panel de consulta: Identificación y priorización de oportunidades de mejora				
8	Desarrollo de diagnóstico y su respectivo panel de consulta Presentación de la fase de diagnóstico y su respectiva aprobación				
9	 Elaboración de metodología de diseño Presentación de metodología de diseño y su respectiva aprobación 				
10	Desarrollo de diseño y su respectivo panel de consulta				
11	Desarrollo de diseño y su respectivo panel de consulta				
12	Desarrollo de diseño y su respectivo panel de consulta				
13	Desarrollo de diseño y su respectivo panel de consulta				
14	Desarrollo de diseño y su respectivo panel de consulta				
15	Desarrollo de diseño y su respectivo panel de consulta				
16	 Desarrollo de diseño y su respectivo panel de consulta Presentación de la fase de diseño y su respectiva aprobación 				
17	 Elaboración de metodología de validación Presentación de metodología de validación y su respectiva aprobación 				
18	◆ Desarrollo de validación y su respectivo panel de consulta				
19	Desarrollo de validación y su respectivo panel de consulta				
20	 Desarrollo de validación y su respectivo panel de consulta Presentación de la fase de validación y su respectiva aprobación 				

CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO

Con el objetivo de hallar una solución que permita solventar el problema que ha motivado la realización de este proyecto se desarrolló esta primera fase, que consiste en un análisis de la situación actual del Centro de Distribución.

2.1. Objetivos del diagnóstico

A continuación se presentan los objetivos que se busca alcanzar durante el desarrollo de la fase de diagnóstico.

2.1.1. Objetivo general del diagnóstico

Analizar la operación actual en el Centro de Distribución de Grupo Servica para identificar oportunidades de mejora.

2.1.2. Objetivos específicos del diagnóstico

- Caracterizar la operación actual del CEDI analizando procesos, equipo, infraestructura e información con el fin de identificar oportunidades de mejora.
- Desarrollar los perfiles operativos del CEDI para identificar las características que definen a los clientes actuales.
- Determinar las prácticas recomendadas de acuerdo con los resultados de los perfiles operativos, y agruparlas según correspondan a los procesos, equipo, infraestructura o información.
- Identificar y priorizar las oportunidades de mejora de acuerdo con su posibilidad de ejecución e impacto esperado.

2.2. Metodología del diagnóstico

En la figura 2 se presenta el mapa que muestra la metodología del diagnóstico.

En el primer objetivo lo que se hace es una caracterización de la operación actual del CEDI en términos de sus procesos, equipo, infraestructura e información.

Posteriormente en el segundo objetivo se hace una caracterización de los perfiles operativos del CEDI, para lo que se utilizan los perfiles de alisto, recepción, actividad, inventario y estacionalidad.

Con base en los resultados del segundo objetivo es posible determinar las prácticas recomendadas para la operación del CEDI, estas recomendaciones se hacen con base en referencias bibliográficas y con base en el conocimiento y la experiencia adquiridos por los autores durante la realización de la investigación. Estas recomendaciones se agrupan en torno a los cuatro ejes utilizados en el primer objetivo, de modo que se facilita el análisis conjunto de estos dos objetivos, y consecuentemente la identificación de las principales oportunidades de mejora.

Finalmente se seleccionan las oportunidades de mejora de acuerdo con su impacto y posibilidad de ejecución.

Los resultados obtenidos de la selección de las oportunidades de mejora serán los insumos principales para la fase de diseño, durante la cual se desarrollarán oportunidades de mejora con el objetivo final de aumentar la rentabilidad del negocio.

Impacto identificación y salección de las Posibilidad da oportunidades de ejecución mejora (4) Caracterización Caracterización as características de los perfiles de la operación operativos del recomendadas del CEDI Servica para el CEDI Perfiles de Procesos alisto Perfiles de Equipo recepción Equipo Perfiles de actividad Infraestructura Infraestructura Perfiles de inventario Información Información Perfiles de estacionalidad (2) (1) (3)

Figura 2: Mapa de la metodología de diagnóstico

En el anexo 1 se encuentra un cuadro que muestra los objetivos específicos de la fase de diagnóstico, y para cada objetivo se detallan las actividades que se han realizado, las herramientas que se han utilizado, y los resultados obtenidos. A continuación se describe detalladamente la metodología de cada objetivo.

2.2.1. Metodología del primer objetivo

Para la caracterización de los procesos se realizó un levantamiento de los principales procesos en el área operativa del CEDI por medio de diagramas de flujo, detallando las actividades que conforman cada proceso, el responsable de cada actividad y el tipo de actividad. Los procesos estudiados fueron la recepción, el reabastecimiento de la zona de alisto, la facturación de órdenes, el alisto de órdenes, el despacho, y la toma de inventario mensual. Posteriormente se efectuó una evaluación de cada una de las actividades de manera individual, analizando si las actividades que se realizan y la manera en que se llevan a cabo son las mejores para cumplir con las expectativas de los clientes. La evaluación utilizada fue una variación de la Prueba de Valor que consta de cuatro preguntas (ver anexo 3.1).

Para la caracterización del equipo para el manejo de materiales se detallaron las especificaciones y usos de cada unidad. En el caso del equipo humano se describieron las funciones que realiza cada uno de los colaboradores. Además se comentó sobre el costo de una hora de trabajo de cada unidad o colaborador.

Para la caracterización de la infraestructura se elaboró un plano detallado del edificio del CEDI que muestra la distribución física actual, y se describió cada una de las principales áreas en cuanto a su tamaño, función y otras características relevantes. Luego se realizaron tres estudios: el estudio de los flujos, en el cual se elaboró un plano del edificio con los principales flujos y se analizó el patrón del flujo; el estudio del congestionamiento, en el cual se identificaron aquellas posibles zonas de congestionamiento por concentrar flujos de entrada y salida; y el estudio de la

¹ Los diagramas de flujo se construyeron de acuerdo con la simbología sugerida por la norma ISO 9000, material del curso Desarrollo Organizacional, impartido por el Ing. Eldon Caldwell durante el II periodo del año 2008.

adyacencia de las zonas, en el cual se analizó si los procesos contiguos se encuentran ubicados cerca entre sí.

Para la caracterización de la información se hizo una descripción de las principales funcionalidades del Sistema de Información que utiliza el CEDI, un WMS desarrollado por *Logistika Labs*, y se comparó contra las funcionalidades básicas recomendadas. Además se entrevistó a los principales usuarios de este sistema para conocer su percepción sobre el sistema en función de seis variables: criticidad para el negocio, grado de apoyo al proceso, flexibilidad para adaptarse, capacidad de la información producida, estabilidad y desempeño.

2.2.2. Metodología del segundo objetivo

Se utilizaron como base los cinco grupos de perfiles propuestos por Edward Frazelle en su libro *World-Class Warehousing and Material Handling* (2002): perfil de alisto, perfil de recepción, perfil de actividad, perfil de inventario y perfil de estacionalidad.

Primeramente se recolectaron los datos históricos requeridos (se utilizaron datos de los periodos más extensos de los que la compañía tuviera información disponible), se utilizó el registro histórico de las órdenes de alisto (junio de 2007 a mayo de 2009), el registro histórico de las órdenes de recepción (febrero de 2008 a mayo de 2009), y la cantidad y tipo de producto en inventario en distintos momentos del tiempo (enero de 2008 a mayo de 2009). Posteriormente con base en estos datos se elaboraron tablas, gráficos y matrices que permitieron realizar un análisis para cada uno de los perfiles estudiados. En los casos en que los análisis sugeridos por el mencionado autor no eran suficientes para identificar con claridad las características de los clientes del CEDI, se procedió a desarrollar otros análisis ad hoc. Estos análisis en conjunto permitieron identificar las características que definen a los clientes actuales del CEDI.

2.2.3. Metodología del tercer objetivo

De acuerdo con las características de los perfiles operativos que se desarrollaron en el objetivo anterior, se procedió a identificar las prácticas que son las más aptas para ese tipo de operación. Para lograr eso se utilizaron como referencia varias fuentes

bibliográficas, junto con el análisis de los hallazgos realizados mediante los perfiles utilizados. Las recomendaciones se presentan separadas según si corresponden a los procesos que se deben de utilizar, a la infraestructura, al equipo o a la información que se debe de manejar. En los casos en que una recomendación sobre uno de los cuatros aspectos afectaba de alguna manera los otros aspectos, también se hizo esa observación.

2.2.4. Metodología del cuarto objetivo

Se levantó un listado de las oportunidades de mejora con base en los resultados y hallazgos obtenidos a lo largo de los tres objetivos anteriores. Posteriormente se clasificaron las oportunidades de mejora según la posibilidad de desarrollarlas dentro de la fase de diseño, distinguiendo entre a) aquellas que están fuera del alcance de esta investigación, principalmente por dos razones: por tratarse de una acción concreta que no requiere de un desarrollo posterior por parte de los autores, o por requerir la participación de profesionales en campos distintos a la ingeniería industrial, y b) aquellas que requieren el aporte de los autores para su desarrollo, además su impacto justifica que son seleccionables para ser consideradas durante la fase de diseño. Finalmente se seleccionan las oportunidades de mejora para ser desarrollas durante el diseño, se agrupan por área temática, y se detalla el impacto esperado de implementar cada una de ellas.

2.3. Desarrollo del diagnóstico

2.3.1. Generalidades de la organización

2.3.1.1. Características generales de la organización

Grupo Servica S.A. es una empresa costarricense dedicada a ofrecer servicios logísticos. La compañía fue fundada en 1976 y en este momento cuenta con una planilla de 217 empleados. Actualmente ofrece los siguientes servicios: agencia de aduanas, carga aérea internacional, transporte internacional (aéreo, marítimo y terrestre), transporte local, centro de distribución, almacén fiscal y asesoría logística. La descripción detallada de los servicios se encuentra en el anexo 2.1.

Las oficinas centrales se encuentran localizadas en Río Segundo de Alajuela, cerca del aeropuerto Juan Santamaría. Complementariamente Grupo Servica cuenta con oficinas en San José, en las fronteras de Peñas Blancas y Paso Canoas, en los puertos de Limón y Caldera, y en los aeropuertos internacionales Daniel Oduber y Juan Santamaría; además posee un Centro de Distribución y almacén fiscal en Coyol de Alajuela. Recientemente ha extendido sus operaciones a Managua de Nicaragua donde inauguró otro Centro de Distribución.

2.3.1.1.1. Misión

"Somos la empresa que contribuye al éxito de importadores y exportadores, que ofrece un servicio integrado y eficiente de logística a nivel mundial."

2.3.1.1.2. Visión

"Ser reconocida como la empresa líder de servicios integrados de logística a nivel regional, por medio de un trato personalizado, combinando calidad y rentabilidad."

2.3.1.2. Características generales del CEDI

El CEDI está ubicado en Coyol de Alajuela (dirección exacta: del puente de Coyol 500 m al Oeste, calle paralela a la autopista Panamericana), y tiene un área de 10 500 m².

Al costado sur del CEDI se encuentra la calle pública, y al costado norte se encuentra el almacén fiscal de Grupo Servica. El CEDI cuenta con 10 puertas de recibo y 6 puertas de despacho para productos, asimismo posee racks para el manejo de productos entarimados y zonas para el manejo de productos almacenados en bloque. Para efectos de seguridad el CEDI está equipado con un sistema interno de cámaras de seguridad, y para controlar el movimiento y almacenamiento de los productos, y planear y ejecutar las actividades cuenta con un sistema de administración de inventarios por radiofrecuencia (WMS).

Los servicios principales que ofrece el CEDI son el almacenamiento de productos, facturación remota, preparación de órdenes de pedido y distribución en todo el territorio nacional. Por otra parte el CEDI también ofrece servicios complementarios como reempaque, etiquetado y preparación de ofertas en termoformado.

2.3.1.2.1. Clientes

Los clientes actuales del CEDI son SCA, Ferreterías EPA, Ecolab y Credomatic, sin embargo SCA es el cliente principal. Un 81% de los ingresos del CEDI provienen de SCA, y un 80% de los inventarios que se manejan en el CEDI son de SCA, en los anexos 2.2 y 2.3 se observan los gráficos respectivos.

SCA es una empresa que ofrece productos de cuidado personal en más de 90 países, y está compuesta por cuatro áreas de negocios: *cuidado personal* (cuidado de incontinencia, pañales y protección femenina), *tissue* (papel higiénico, rollos de cocina, pañuelos, servilletas y productos de uso institucional), *envases* y *productos forestales*.

En Costa Rica, SCA comercializa las siguientes marcas por medio del servicio de almacenamiento y distribución que ofrece Grupo Servica: Tena (cuidado de la incontinencia), Tessy (pañales), Saba (protección femenina), Nevax, Velvet, y Flen (tissue), y Tork (productos de uso institucional).

Los productos de la marca NEVAX son fabricados en la planta de SCA ubicada en Cartago, mientras que los demás productos son fabricados en las plantas de SCA ubicadas en México e importados hasta nuestro país.

2.3.2. Caracterización de la operación actual del CEDI

El primer objetivo de esta investigación consiste en la identificación y caracterización de la operación actual del CEDI de Grupo Servica con el fin de detectar oportunidades de mejora. Para llevar a cabo este objetivo se ha desarrollado el estudio en función de cuatro aspectos: procesos, equipo, infraestructura e información. Se caracteriza cada uno de los cuatro aspectos según la manera en que se realizan las operaciones actuales del CEDI, y se complementa con el análisis realizado durante esta parte de la investigación. A continuación se presenta el análisis efectuado.

2.3.2.1. Procesos

La herramienta utilizada para la caracterización de los procesos son los diagramas de flujo, en los cuales se detallan las actividades que conforman cada proceso, asimismo el responsable de la actividad y el flujo con su respectivo símbolo que indica el tipo de actividad. Se utilizan los diagramas de flujo por tener un nivel de detalle adecuado y por su facilidad de comprensión, además éstos permiten lograr un conocimiento detallado de cada proceso, identificando aspectos importantes como las interacciones entre las actividades, los flujos o contraflujos, las demoras o esperas, la utilización y requerimiento del equipo e infraestructura, entre otros.

Luego de realizar los diagramas de flujo, la siguiente etapa del análisis es la evaluación de cada una de las actividades de manera individual, lo que se pretende evaluar es si las actividades que se realizan, y la manera en que se realizan son realmente las mejores para cumplir con las expectativas de los clientes, y hacerlo de la manera más eficiente posible. La evaluación se hace mediante una variación de la Prueba de Valor² (ver anexo 3.1), que consta de cuatro preguntas:

- 1) ¿Sería posible satisfacer las expectativas del cliente sin realizar esta actividad?
- 2) Si se elimina esta tarea, ¿podría tener un efecto negativo sobre las actividades posteriores del proceso?

² La Prueba de Valor fue una herramienta impartida por el Ing. Warner Carvajal en el curso Análisis de Sistemas durante el II periodo del año 2006.

- 3) ¿Sería posible realizar alguna modificación para eliminar la necesidad de esta actividad?
- 4) Si la actividad es una revisión o inspección, ¿es la tasa de rechazos significativa?

2.3.2.1.1. Proceso de recepción

La recepción se realiza en dos lugares, desde los andenes (ver anexo 3.2) y desde el almacén fiscal (ver anexo 3.3). Los productos fabricados en el país son transportados hasta el CEDI mediante camiones y son recibidos en los andenes (zona de recepción), mientras que los productos fabricados en el exterior llegan al almacén fiscal e ingresan al CEDI una vez liberados. Según datos históricos (de febrero de 2008 a abril de 2009), un 64,9 % de las tarimas se reciben desde los andenes y un 35,1 % de las tarimas se reciben desde el almacén fiscal.

La cuadrilla de recepción debe encargarse tanto de la recepción desde los andenes como de la recepción desde el almacén fiscal. El proceso en general es muy similar en ambos casos, comienza con la revisión de los documentos de recepción, para asegurar que la información que contienen es la correcta.

Seguidamente el jefe de bodega indica el comienzo de la recepción y anota la hora de inicio. Los productos que ingresan desde los andenes por lo general vienen sin tarimas, por eso la cuadrilla de recepción debe entarimar los productos, además envolver las tarimas con el plástico si éstas serán almacenadas dentro del almacén; por su parte, los productos que ingresan desde el almacén fiscal siempre entran en tarimas y emplasticadas, por eso no se requieren realizar las dos actividades mencionadas anteriormente. Un operario encargado debe ingresar los SKUs y la cantidad recibida en el sistema con un PDA con lector de código de barras (handheld)³, además pegar la licencia⁴ a cada tarima; no obstante, si las tarimas van directamente a la zona de

³ En la empresa se le llama handheld a PDA con lector de código de barras, por lo que de aquí en adelante cuando se utilice la palabra handheld se está haciendo referencia a un PDA con lector de código de barras.

⁴ Una licencia es una etiqueta adhesiva con un código de barras impreso, este código tiene asociada una serie de información, tales como la descripción y el código del producto, la cantidad de bultos, la ubicación, entre otras.

despacho, entonces el operario encargado ingresa los SKUs y la cantidad recibida en una sola licencia.

En la recepción desde los andenes, las tarimas son puestas en la zona de recepción a la espera de la revisión del jefe de bodega, para luego ser colocadas mediante la utilización de montacargas, apiladores o carretillas manuales en su destino: ubicaciones disponibles dentro del almacén, zona de alisto o zona de despacho; mientras que en la recepción desde el almacén fiscal, las tarimas que serán almacenadas pueden ser colocadas directamente en las ubicaciones, antes de la revisión del jefe de bodega. La revisión por parte del jefe de bodega es asegurar que no haya error en el ingreso de productos al sistema, por eso si el jefe de bodega detecta error en alguna licencia, debe revisar físicamente la tarima con esa licencia para hallar el error y hacer ajustes en el sistema.

Finalmente el jefe de bodega llena la "Hoja de control de descarga" para llevar un control de desempeño de las labores de recepción, y confecciona los reportes solicitados por el cliente y requeridos para la facturación.

Las observaciones y hallazgos obtenidos por medio de la evaluación de las actividades (ver anexos 3.2 y 3.3) y el análisis realizado son los siguientes:

No existen citas de recibo, el cliente informa durante el mismo día o un día anterior al jefe de bodega la llegada de los contenedores al CEDI o la liberación de producto que se encuentran en el almacén fiscal. No obstante al carecer de citas de recibo, no se puede hacer una programación de recepción con anticipación; a pesar de que se recomienda "poder programar las cargas entrantes para equilibrar el uso de los recursos de recepción – puertas de muelle, personal, espacio de espera, equipo para el manejo de materiales" (Frazelle, 2002b, p. 78). Por lo tanto, en la recepción desde los andenes, si no hay recursos disponibles para realizar la recepción se deben dejar los contenedores en el parqueo a espera de descarga. Actualmente no existen datos históricos que muestran el tiempo en promedio que los contenedores deben esperar antes de ser descargados, pues el jefe de bodega únicamente anota la hora inicio y fin de descarga, y no la hora de llegada de los contenedores. Por su parte, en la recepción desde el almacén fiscal, si no hay

recursos disponibles se debe coordinar con el personal del almacén fiscal para posponer la liberación de los productos o interrumpir lo que está haciendo la cuadrilla de recepción para ir a atender la recepción.

- En la recepción desde los andenes la cuadrilla de recepción debe entarimar los productos recibidos y emplasticar las tarimas, si se pudiera eliminar esta actividad el proceso de recepción se aceleraría, ya que actualmente la cuadrilla de recepción emplea en promedio 1 minuto y 50 segundos entarimando y emplasticando una tarima (datos históricos de febrero de 2008 a abril de 2009), además en promedio de un contenedor salen 46 tarimas, por eso el tiempo total utilizado para entarimar y emplasticar esas 46 tarimas es 1 hora y 24 minutos. No obstante, para poder eliminar esta actividad se debe solicitar al cliente enviar los productos entarimados, esto afectaría el proceso de despacho del cliente y el aprovechamiento máximo de los contenedores, por eso es una propuesta muy poco probable de acuerdo con lo expresado por la empresa.
- El WMS actual ocasionalmente duplica las licencias ingresadas, esto hace que la revisión del jefe de bodega sea necesaria, para poder detectar errores en el ingreso de productos al sistema. Los errores en el ingreso de productos al sistema pueden provenir de las siguientes tres causas:
 - 1. Falla del WMS: El error es que la cantidad de producto ingresada al sistema es el doble de la cantidad real.
 - Problema con la señal, red inalámbrica: Lo que suele suceder es que faltan productos en el sistema, esto se debe a que el operario procesa en el handheld, pero la señal se pierde, entonces el sistema no recibe la información relativa a lo procesado.
 - 3. Error humano: El error es ocasionado por el operario, quien ingresa equivocadamente los SKUs o la cantidad recibida en el sistema.

Actualmente no se llevan registros que muestren la frecuencia y causante de los errores, por eso se realizó un muestreo de dos semanas; durante ese periodo se efectuaron 62 recepciones y se registraron 8 errores causados por la falla del WMS, lo que significa que se presentó en un 12,9 % de las recepciones. No se reportaron errores producidos por las otras dos causas.

Las tarimas de los productos recibidos desde los andenes son colocadas en los pasillos a espera de la revisión del jefe de bodega, lo cual impide el libre tránsito por estos pasillos, por eso los equipos para el manejo de materiales deben transitar por otros pasillos que no necesariamente son la ruta más corta, también deben bajar su velocidad al pasar por estos pasillos, de esta forma se reduce la productividad de estos equipos, además esto representa un peligro laboral. En promedio se reciben 46 tarimas por contenedor (datos históricos de febrero de 2008 a abril de 2009).

La razón por la que se colocan las tarimas en los pasillos es para facilitar el trabajo de localizar las tarimas en caso de que haya que revisarlas, ya que en el almacenamiento en racks cada licencia se vincula a una ubicación, pero en el almacenamiento en bloque todas las licencias se vinculan a una sola ubicación, por eso no se conoce la ubicación exacta de cada tarima. En este momento, en la recepción desde los andenes cuando los productos recibidos son asignados al almacenamiento en bloque, si posteriormente se detectara un error en una determinada licencia, sería sumamente difícil localizar dónde se encuentra esa tarima, razón por la cual las tarimas de los productos recibidos no son colocadas directamente en las ubicaciones de almacenamiento (en el caso de la recepción desde el almacén fiscal, todos los productos recibidos son almacenados en racks, por eso pueden ser localizados fácilmente, así que no tienen que esperar la revisión del jefe de bodega y pueden ser almacenados directamente). "Si se pudieran eliminar las actividades de espera y revisión, se eliminarían el tiempo, el espacio y la mano de obra relacionados con estas actividades." (Frazelle, 2002b, p. 81)

• El operario que transporta la tarima a la zona de almacenamiento es quien toma la decisión de dónde colocar la tarima según su criterio, y no según criterios de donde realmente debería estar almacenada la tarima para maximizar la densidad de almacenamiento y la productividad operativa. "El WMS debería de dirigir el operario que realiza el putaway para colocar cada tarima en la ubicación que maximiza la utilización cúbica, asegura buena rotación del producto, y

- maximiza la productividad en la extracción" (Frazelle, 2002b, p. 82), pero el WMS con que cuenta el CEDI en este momento carece de esta funcionalidad.
- La actividad de Ilenar la "hoja de control de descarga" se realiza manualmente. Ésta podría ser eliminada si la información que contiene la hoja es recopilada automáticamente por el WMS, sin embargo en la medida que el sistema no posea esta funcionalidad, esta actividad es necesaria para llevar un control del desempeño en las labores de recepción.

2.3.2.1.2. Proceso de reabastecimiento de la zona de alisto

El primer nivel de los racks selectivos ubicados en el Almacén 1 (ver anexo 4.1) está destinado como la zona de alisto (ver sección 2.3.2.3.1.3), en donde se colocan tarimas de productos para el alisto de las órdenes. Dado que el alisto se realiza generalmente en la tarde, por eso es importante reabastecer la zona de alisto en la mañana (ver anexo 3.4).

Este proceso es llevado a cabo por un encargado de reabastecimiento y un montacarguista. Al inicio, el encargado de reabastecimiento realiza una revisión previa, chequeando que el inventario físico que hay en cada ubicación de alisto corresponde con lo que está registrado en el sistema, además reubica en el sistema los bultos de aquellos SKUs cuya ubicación física no concuerda con la ubicación registrada en el sistema. Al finalizar estas dos tareas, debe reportar todas las diferencias de cantidad existentes al jefe de inventarios para que éste tome medidas al respecto.

Posteriormente el operario encargado inicia el reabastecimiento de las ubicaciones vacías. Primero debe reacomodar los bultos de un mismo SKU de manera que sólo quede una tarima incompleta, y colocar esa tarima incompleta en la ubicación que queda de primera en la ruta de alisto. En seguida debe llenar todas las demás ubicaciones vacías de ese SKU, para esta tarea solicita la colaboración del montacarguista. El montacarguista trae las tarimas solicitadas desde la zona de almacenamiento y las coloca en el pasillo junto a las ubicaciones vacías, y el encargado de reabastecimiento coloca y alinea las tarimas dentro de las ubicaciones utilizando una carretilla manual, además debe quitarle el plástico a las tarimas.

Al terminar de reabastecer todas las ubicaciones, el encargado de reabastecimiento hace un recorrido de revisión para detectar si hay producto dañado o en mal estado. Si detecta algún producto dañado y éste se encuentra en la cama superior o es fácilmente accesible, entonces lo lleva a la zona de productos dañados; en cuanto a aquellos productos dañados difícilmente accesibles, éstos serán apartados por los alistadores cuando les toque tomar producto de esa tarima.

En las horas de la tarde, de 1:00 p.m. a 5:00 p.m., conforme se van alistando las órdenes, cuando se detecta que no hay suficiente producto en la zona de alisto para completar una factura, el encargado de reabastecimiento debe reabastecer ese producto, pero estas actividades serán descritas en el proceso de alisto de órdenes.

Las observaciones y hallazgos obtenidos por medio de la evaluación de las actividades (ver anexo 3.4) y el análisis realizado son los siguientes:

- El encargado de reabastecimiento debe revisar todas las mañanas el inventario físico contra el registro del sistema, reubicar en el sistema los bultos de aquellos SKUs cuya ubicación física no concuerda con la ubicación registrada en el sistema, además reacomodar los bultos para que sólo quede una tarima incompleta. Estas actividades no son propias del reabastecimiento, pero el operario encargado debe realizarlas antes de comenzar con el reabastecimiento. Dado que no se cuentan con datos históricos, se realizó un muestreo durante dos semanas⁵ y se obtuvo que en promedio el tiempo utilizado para realizar las tres actividades mencionadas es 46 minutos; de modo que si se pudieran evitar estas actividades se aceleraría el proceso de reabastecimiento. De acuerdo con la observación realizada, estas tres actividades son consecuencias de:
 - 1. Cuando el WMS asigna el alisto de las órdenes, lo hace según la secuencia que tiene programada, que es ir recorriendo pasillo por pasillo, en cada caso empezando desde las ubicaciones más cercanas a la zona de despacho hasta las más lejanas. Por ejemplo, si un SKU tiene dos ubicaciones de alisto: la 1 y la 2 (según la secuencia del WMS), el WMS comienza asignando la 1, cuando la 1

_

⁵ Se realizó un muestreo de dos semanas (de 21 de septiembre a 2 de octubre del 2009) para tomar los datos requeridos para el análisis de esta sección.

- ya no tiene producto el WMS continua asignando la 2, pero si en ese momento se reabastece la 1, entonces el WMS vuelve a asignar primero la 1, ya que esta es la primera ubicación según la secuencia, por eso tanto la 1 como la 2 se quedan con tarimas incompletas. Por lo tanto, al final del día puede haber más de una tarima incompleta para un mismo SKU, entonces el encargado de reabastecimiento debe reubicar los bultos de manera que sólo que una tarima incompleta.
- 2. Cuando los alistadores realizan sus labores, pueden dejar de seguir la indicación del WMS por tratar de alistar en el menor tiempo posible. Por ejemplo, un SKU tiene dos ubicaciones de alisto: la 1 y la 2, y el WMS le indica al alistador que debe tomar 10 bultos de la 1 y 10 bultos de la 2, pero cuando el alistador llega a las ubicaciones ve que la 1 tiene aún 20 bultos, entonces toma los 20 bultos que necesita de la 1, pero resulta que 10 de esos bultos ya están asignados para otro alistador, sólo que éste último aún no ha llegado a tomarlos por estar alistando otros SKUs. Otro ejemplo, se requieren alistar 40 bultos, y como la 1 tiene solo 30 bultos, entonces el WMS le indica al alistador que debe tomar 30 bultos de la 1 y 10 bultos de la 2, pero al alistador le es más fácil y rápido quitar 8 bultos de la 2 (suponiendo que la tarima completa tiene 48 bultos) y colocarlos en la 1, luego tomar la tarima de la 2. El problema no es que el alistador tome los bultos de un lugar distinto del que le indica el WMS, es que no haga la posterior reubicación de los bultos en el sistema, por lo que al final del día puede haber diferencia entre el inventario físico y el registro del WMS, ya que en algunos SKUs la cantidad de los bultos puede estar bien pero la ubicación física no concuerda con la ubicación registrada en el WMS, entonces el encargado de reabastecimiento debe realizar la reubicación en el sistema.
- El encargado de reabastecimiento debe colocar las tarimas incompletas en la ubicación que queda de primera en la ruta de alisto, para que cuando el WMS haga la asignación del alisto se alisten las órdenes primero de las tarimas incompletas, con el fin de asegurar una buena utilización del espacio de las ubicaciones de alisto. Esto se debe a que el WMS actual no es capaz de identificar si una tarima está completa o no, y planea la ruta de alisto sin tomar esto en

- cuenta. Según el muestreo el encargado del reabastecimiento utiliza en promedio 31 segundos para realizar esta actividad y realiza en promedio 14 colocaciones por día. Utilizando los datos anteriores se obtiene que aproximadamente se emplean 7 minutos por día para realizar esta actividad, por eso si el WMS tuviera esta funcionalidad, se reduciría el tiempo que se toma para realizar el reabastecimiento.
- El encargado de reabastecimiento debe alinear bien las tarimas dentro de las ubicaciones de alisto. La razón por la cual es necesario alinear bien las tarimas es para evitar que los montacargas choquen con éstas. Según los resultados del muestreo el encargado de reabastecimiento usa en promedio 6 segundos para alinear bien las tarimas; por su parte, el promedio de las ubicaciones que se reabastecieron durante el muestreo fue 152 ubicaciones por día, y el máximo fue 215 ubicaciones. Utilizando el máximo se obtiene que para ese día aproximadamente se emplearon 21 minutos para alinear las tarimas dentro de las ubicaciones.
- El encargado de reabastecimiento debe quitarle el plástico a las tarimas una vez que las coloca dentro de las ubicaciones de alisto. Según los resultados del muestreo el encargado de reabastecimiento usa en promedio 9 segundos para realizar esta actividad. Considerando que el máximo registrado durante el muestro fue 215 ubicaciones, se obtiene que para ese día se emplearon aproximadamente 32 minutos para quitar el plástico. No obstante, si esta tarea no se hiciera como parte del proceso de reabastecimiento, se tendría que realizar cuando los alistadores van a tomar bultos de las tarimas, con lo que se afectaría el proceso de alisto.
- No existe un criterio establecido para definir cuántas ubicaciones de alisto se deben de asignar a cada SKU. De acuerdo con el análisis realizado, en el caso del producto 11111AG este cuenta con 36 ubicaciones, las cuales son suficientes para satisfacer el alisto sin necesidad de ser reabastecidas únicamente para un 52,56 % de los días; mientras que en el caso del producto 31773AB, este cuenta con 40 ubicaciones, las cuales son suficientes para satisfacer el alisto sin necesidad de ser reabastecidas para un 93,3 % de los días. De modo que se

observa que la cantidad de ubicaciones de alisto no es proporcional al movimiento de cada producto.

• Existe un exceso de ubicaciones de alisto asignadas a los productos de mayor movimiento cúbico (ver sección 2.3.3.3.2), la mayor parte del movimiento de estos productos se da en forma de tarimas completas (cada cliente solicita más de una tarima de producto), por eso estas podrían ser alistadas directamente desde la zona de almacenamiento semi-permanente, sin necesidad de colocarlas en la zona de alisto. Con esto se reducirían el tiempo y recursos dedicados al reabastecimiento de la zona de alisto. En el caso del producto 11111AG (el producto con mayor movimiento cúbico), tiene asignadas 36 ubicaciones de alisto, sin embargo de acuerdo con el análisis realizado si se tuvieran 5 ubicaciones de alisto sería suficiente para hacer el alisto de bultos⁶ en un 95,9 % de los días, sin necesidad de reabastecer las ubicaciones de alisto. Para esto sería necesario realizar el alisto de tarimas completas directamente desde la zona de almacenamiento semi-permanente, y con esto se podrían reasignar 31 ubicaciones de alisto para otros productos.

El mismo análisis se realizó para los siguientes 4 productos de mayor movimiento cúbico. Tal como se observa en el cuadro 3 si se asignaran únicamente 5 ubicaciones a cada uno de esos productos, en total se podrían utilizar 114 ubicaciones de alisto para otros productos que si requieran ser alistados en forma de bultos. Además al hacer esto, esas 114 tarimas serían reubicadas en la zona de almacenamiento semi-permanente de esos productos (almacenamiento en bloque), con lo que se lograría una mayor densidad de almacenamiento que estando colocadas en la zona de alisto (rack selectivo).

⁶ El alisto de bultos sucede cuando el producto no se alista en forma de tarimas completas, pues se trata de una cantidad menor de producto que el que contiene una tarima. Ver sección 2.3.3.1.3 para una explicación más detallada.

Cuadro 3: Análisis del exceso de ubicaciones de alisto asignadas a los cinco productos de mayor movimiento cúbico⁷

Código del producto	11111AG	31771AC	31773AB	31778AF	1186295
Cantidad de ubicaciones de alisto asignadas actualmente	36	26	40	19	18
Cantidad de ubicaciones ahorradas al asignar únicamente 5 ubicaciones	31	21	35	14	13
Porcentaje de días en los cuales 5 ubicaciones de alisto son suficientes para satisfacer el alisto de bultos	95,9 %	95,36 %	99,23 %	99,74 %	100 %

2.3.2.1.3. Proceso de facturación de órdenes

La facturación de órdenes (ver anexo 3.5) es el proceso en el cual se reciben las facturas del cliente, para poder iniciar posteriormente el proceso de alisto. El proceso es sencillo, el jefe de alisto ingresa a través del VPN al Sistema de Información del cliente para extraer las facturas que ingresaron desde el último acceso, luego imprime las facturas y las importa al NAF y al WMS del CEDI, finalmente verifica telefónicamente con el cliente que se han recibido todas las facturas.

Mediante la evaluación de las actividades y el análisis realizado (ver anexo 3.5) se obtiene el siguiente hallazgo:

 La importación de las facturas al NAF y al WMS del CEDI se realiza mediante operaciones separadas. El jefe de alisto importa las facturas al NAF, luego realiza la misma operación para importar las facturas al WMS. Si se lograra hacer que cuando se importa a un sistema del CEDI se hiciera automáticamente a todos los sistemas, entonces no se tendrían que hacer las mismas operaciones dos veces.

⁷ Durante el desarrollo de la investigación algunos productos cambiaron de código, sin embargo para mantener uniformidad en todo el documento se han usado los códigos más recientes.

2.3.2.1.4. Proceso de alisto de órdenes

En el turno de la tarde, de 1:00 p.m. a 8:00 p.m., se procede a alistar las órdenes (ver anexo 3.6). La primera tarea del jefe de alisto es analizar si algunos productos deben de ser alistados desde la zona de almacenamiento semi-permanente, en cuyo caso solicita a los montacarguistas que lleven las tarimas hasta la zona de despacho y luego despacha las tarimas en el sistema.

Seguidamente, la segunda tarea consiste en verificar si hay suficientes bultos en la zona de alisto para completar la factura, para que el sistema permita hacer asignaciones de alisto. En caso de que no haya suficiente producto, el jefe de alisto solicita al encargado de reabastecimiento que reubique los productos faltantes en la zona de alisto.

Al finalizar las dos tareas anteriores, el jefe de alisto empieza a asignar algunas líneas o todas las de la factura a un alistador; no existe un modulo de asignación en el WMS, por lo que la decisión de cuántas líneas asignar la toma el jefe de alisto según la cantidad de líneas que contenga la orden, o de si alguna línea contiene demasiados bultos. El jefe de alisto notifica al alistador el número de ola⁸ y el cliente asignados y le entrega una licencia, la cual está asociada a una ubicación virtual, conforme el alistador va alistando va realizando las reubicaciones en el sistema de los productos en esta ubicación; luego le anota la hora de inicio. El alistador viaja hasta la zona de alisto en su carretilla hombre a bordo (a veces utiliza una carretilla manual) y con una tarima vacía, carga los bultos según indica el handheld hasta completar la tarima, y lleva la tarima a la zona de despacho, así sucesivamente hasta cumplir con todas las líneas de la asignación.

Cuando el alistador termina con todas las líneas asignadas, debe entregar la licencia al jefe de alisto y reportarle la cantidad de bultos alistados para que éste verifique la exactitud del alisto; el jefe de alisto debe anotarle la hora de finalización. Por último, el jefe de alisto despacha la factura en el sistema para que los productos alistados dejen

49

⁸ Una ola es una asignación de alisto que se le hace a un alistador, la ola puede contener una o varias líneas, sin embargo todas deben de pertenecer a una misma factura.

de aparecer como disponibles en el sistema y la orden de alisto aparezca como finalizada.

Las observaciones y hallazgos obtenidos por medio de la evaluación de las actividades (ver anexo 3.6) y el análisis realizado son los siguientes:

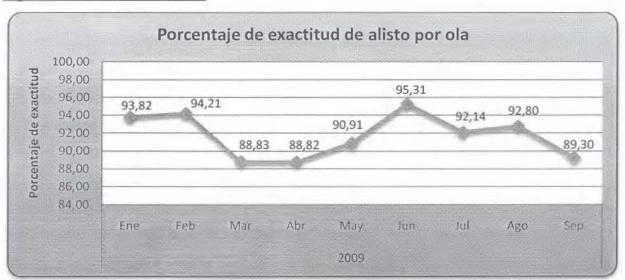
- El WMS actual no es capaz de determinar cuáles productos deben de ser alistados desde la zona de almacenamiento semi-permanente, en este momento esta determinación está sujeta a la experiencia del jefe de alisto. Por un lado, no existen criterios definidos para esta decisión ni se hace la elección a partir de un análisis estructurado; por otro lado, los montacarguistas deben esperar la indicación del jefe de alisto para llevar las tarimas solicitadas a la zona de despacho, por eso si el jefe de alisto se atrasa, el alisto también sufre atrasos. El alisto desde la zona de almacenamiento semi-permanente puede reducir las veces que se debe reabastecer la zona de alisto, además permite alistar dos tarimas por viaje con el uso de montacargas, por eso se reducen los tiempos de alisto. Se podría desarrollar un algoritmo en el WMS o una aplicación en Excel que determine o sugiera cuáles productos se deben alistar desde la zona de almacenamiento semi-permanente y cuáles desde la zona de alisto.
- El WMS actual no es capaz de identificar si hay suficiente producto en la zona de alisto para completar el alisto de una factura. Para subsanar esta debilidad del WMS el personal desarrolló una macro en Excel que muestra los códigos de producto y las cantidades faltantes en la zona de alisto para completar todas las órdenes pendientes. Así que el jefe de alisto debe revisar la hoja Excel cada vez que va a asignar órdenes a los alistadores, si nota que hay faltantes, comunica al encargado de reabastecimiento y debe esperar hasta que éste realice el reabastecimiento para poder proceder con la asignación, por eso el proceso se atrasa. Si el WMS pudiera identificar los faltantes y notificarlos automáticamente al encargado de reabastecimiento, éste podría realizar el reabastecimiento sin tener que esperar la indicación del jefe de alisto, por lo tanto cada ubicación tendría suficientes productos antes de que el jefe de alisto realice la asignación, de esta forma no se atrasaría el proceso.

- El WMS actual no es capaz de asignar automáticamente las órdenes a los alistadores, en este momento la asignación está sujeta a la decisión del jefe de alisto. La asignación de las órdenes debe tomar en cuenta variables como la prioridad de cada orden, la asignación equitativa entre los alistadores, la coordinación con el despacho para no saturar la zona de despacho, entre otras; sin embargo, dado que el WMS carece de un modulo de asignación, el jefe de alisto solo puede asignar dependiendo de la cantidad de líneas de la orden y de la cantidad de bultos de cada línea, de esta forma algunos alistadores pueden tener más asignaciones que otros, la zona de despacho puede carecer de suficiente espacio para colocar las tarimas de productos que se van alistando, entre otras consecuencias. Además los alistadores deben depender de la asignación del jefe de alisto, por eso si éste último se atrasa, se atrasa todo el proceso de alisto.
- Se puede observar que los tres puntos anteriores comentan sobre algunas debilidades del WMS actual, por eso se necesita la participación del jefe de alisto para llevar a cabo las actividades comentadas. Por un lado, la decisión tomada no está sujeta a criterios establecidos, sino a criterios del jefe de alisto, por eso no se puede garantizar que la decisión tomada es la apropiada (como el caso de la asignación de las órdenes), además si el jefe de alisto se ausentara, las actividades no se llevarían a cabo normalmente. Por otro lado, las actividades no están automatizadas, por eso si el jefe de alisto se atrasa, todo el proceso se atrasa.
- Los alistadores deben reportar al jefe de alisto la cantidad de bultos alistados una vez que terminan con su asignación, con el fin de permitir al jefe de alisto verificar la exactitud del alisto, no obstante este control se puede eliminar. Actualmente se realiza un chequeo antes de cargar los productos en los camiones (ver sección 2.3.2.1.5), revisando el código y la cantidad alistada contra la factura, para detectar los errores del alisto y corregirlos, por eso es innecesario que el jefe de alisto haga otra revisión previa, además esta revisión solo chequea la cantidad total de bultos alistados contra la asignación, sin entrar en detalle el código y la cantidad alistada. Durante el periodo desde enero de 2009 hasta septiembre de 2009 se registraron 3037 olas, las cuales fueron revisadas por el jefe de alisto una vez finalizadas, quien les dio el visto bueno; no obstante, por medio del chequeo

antes de la carga se detectaron 253 olas con errores de alisto, lo cual representa un 8,33 % de las olas; esto evidencia que la revisión previa del jefe de alisto no garantiza que las asignaciones están correctamente realizadas, y se puede eliminar. Una posible causa de esta ineficacia es que el alistador puede anotar el número que aparece en el *handheld*, que no necesariamente corresponde con lo realmente alistado.

en el menor tiempo posible, sin embargo en ocasiones esto se consigue a costa de una menor exactitud en el alisto. Tal como se aprecia en la figura 3, de los nueve meses analizados (de enero de 2009 a septiembre de 2009) existen tres meses en que la exactitud de alisto por ola es menor al 90 %, y el promedio de la exactitud de alisto por ola de esos nueve meses es un 91,79 %. Los errores que cometen los alistadores son una de las causas por las que el encargado de reabastecimiento debe realizar las tres actividades previas al reabastecimiento, que atrasan el proceso de reabastecimiento (ver sección 2.3.2.1.2); además implican la necesidad de corregir estos errores antes de cargar los camiones, por eso también atrasan el proceso de despacho (ver sección 2.3.2.1.5).

Figura 3: Exactitud del alisto



 La actividad de anotar la hora de inicio y hora de finalización del alisto se realiza manualmente. Ésta podría ser eliminada si en el sistema quedara almacenada la información relativa a la hora de inicio y hora de finalización del alisto. Al lograr automatizar esta actividad, no sólo se libera tiempo del personal, sino también permite tener un registro más confiable.

2.3.2.1.5. Proceso de despacho

Este proceso consiste en cargar los productos alistados en los camiones (ver anexo 3.7), y se realiza en la zona de despacho por una cuadrilla conformada por dos chequeadores y un operario de despacho.

El proceso comienza con la asignación del transporte, el chequeador de despacho debe agrupar las facturas por cliente y estimar cuántas tarimas puede requerir cada cliente, luego entregar la estimación al coordinador de transporte para que éste haga la planificación de la ruta y la carga de las distintas órdenes. Además el chequeador de despacho debe determinar la prioridad de carga de las órdenes, y decidir cuáles órdenes se cargan hasta la mañana siguiente (las órdenes que se entregan hasta la tarde del día siguiente son cargadas durante la mañana siguiente).

El proceso continúa con la preparación previa de la carga, primero el chequeador debe preparar todos los papeles requeridos para el control y registro: boleta de control de tarimas (registra la cantidad de tarimas despachadas), bitácora (llevar un control de las actividades de transporte), hoja de ruta (registra el transportista encargado de cada factura), tiempos de carga de camiones (registra la hora de inicio y fin de carga), y hoja de error en alisto (registra los errores de alisto). Luego la cuadrilla de despacho debe acomodar los productos, ya sea reentarimándolos de manera que se maximice el aprovechamiento del espacio del camión, para que los costos de transporte en que incurre el cliente sean los menores posibles, o colocándolos de manera que en cada tarima sólo se lleven productos de un mismo código (esto último es por el requerimiento de un cliente específico, por eso únicamente cuando se alistan productos de este cliente se deben alistar las tarimas de manera que solo lleven un código); además envolver las tarimas con el plástico.

Para comenzar a cargar las tarimas, el chequeador de despacho anota la hora de inicio y chequea una línea de la factura correspondiente contra el SKU y la cantidad alistada,

si nota algún error de alisto, debe informarlo al alistador encargado. El alistador debe corregir el error, sea reponiendo la cantidad faltante o devolviendo la cantidad sobrante a la ubicación de alisto, y el chequeador de despacho debe registrar el error de alisto detectado. Luego de asegurar que el alisto de esa línea de la factura es correcto, la cuadrilla de despacho procede a colocar las tarimas correspondientes dentro del camión asignado, utilizando carretillas manuales. Las actividades se repiten hasta que se termina de cargar todas las tarimas que pertenecen al camión, en ese momento el chequeador de despacho anota la hora de fin.

El chequeador debe terminar de llenar y archivar todos los papeles preparados al inicio del proceso que son requeridos para el control y registro, y entregar al transportista las facturas y la bitácora.

Las observaciones y hallazgos obtenidos por medio de la evaluación de las actividades (ver anexo 3.7) y el análisis realizado son los siguientes:

- La asignación de contenedores y móviles es realizada por el chequeador de despacho según su experiencia, ya que el WMS no es capaz de calcular la cantidad de tarimas que puede requerir un cliente, y así asignarle un camión con la capacidad adecuada. No existen datos históricos que muestran el tiempo requerido para llevar a cabo esta actividad, por eso se realizó una toma de tiempo durante dos semanas y se registró que en promedio el tiempo utilizado en esas dos semanas fue 31 minutos; considerando este tiempo, si el WMS pudiera realizar automáticamente esta asignación, el chequeador de despacho podría ahorrar este tiempo y comenzar el despacho lo antes posible. Además el chequeador de despacho es quien tiene la experiencia de estimar la capacidad de camión que requiere cada cliente, entonces si algún día él se ausentara, la realización de esta actividad se dificultaría. No obstante, para que el WMS pueda hacer el cálculo automáticamente se requiere información detallada de las dimensiones de los productos y de los camiones, esto vendría a ser una funcionalidad de un TMS más que de un WMS, e implica una gran modificación del sistema.
- La corrección de los errores de alisto atrasa el proceso de despacho. Cuando se detecta un error de alisto durante el chequeo antes de la carga, el chequeador

de despacho debe notificarlo al alistador responsable, y éste último debe corregir el error detectado trasladándose hasta la ubicación correspondiente para reponer la cantidad faltante o devolver la cantidad sobrante, mientras tanto no se puede realizar la carga del camión, por eso el proceso se atrasa; según el muestreo realizado durante dos semanas, en promedio el tiempo invertido en corregir un error de alisto es 4 minutos. Este chequeo es importante para detectar errores y asegurar que las entregas a los clientes estén libre de éstos, ya que como se comentó en la sección 2.3.2.1.4, en promedio la exactitud de alisto por ola es 91,79 %; por otro lado, este chequeo también es necesario para verificar que nadie modificó algo en los productos desde que se alistó la orden y se colocó en la zona de despacho, hasta el momento en que se procedió a cargarla.

Figura 4: Exactitud del chequeo de despacho



• El chequeo antes de la carga es importante para que las entregas a los clientes estén libre de errores. Según los datos históricos de febrero de 2009 a junio de 2009 se realizaron 2 543 facturas, de las cuales únicamente 12 fueron reclamadas por el cliente por tener errores, de aquí se refleja la buena labor de los chequeadores de despacho. Tal como se observa en la figura 4, el promedio del porcentaje de exactitud del chequeo de despacho por factura durante los cinco meses analizados es 99,51 %, donde el porcentaje más bajo fue 98,78%, y hubo dos meses con un porcentaje de 100 %. Aun así, los chequeadores de despacho

todavía pueden mejorar, ya que "las mejores operaciones de almacenamiento en los Estados Unidos tienen una exactitud de despacho cerca de 99,97 % (Frazelle, 2002b, p. 55).

2.3.2.1.6. Proceso de toma de inventario mensual

Mensualmente se realiza una revisión de inventario (ver anexo 3.8), que es comparar la cantidad y el código de los productos almacenados dentro del CEDI contra la información registrada en el sistema, con el fin de asegurar que la información del sistema sea correcta.

El jefe de inventarios debe hacer consultas código por código en el WMS para conocer las ubicaciones donde está cada código y la cantidad de bultos, luego pasar la información de las consultas a tablas de Excel agrupadas por producto.

Las tablas son impresas y entregadas a varios operarios, quienes se encargan de ir a cada ubicación que indica la tabla para verificar que la cantidad y el código de producto almacenado ahí corresponden con la información registrada en el sistema. Si se encuentran diferencias, el jefe de inventarios debe investigar las causas mediante el seguimiento de los movimientos de esas licencias y de esas ubicaciones, y hacer los ajustes que sean necesarios en el sistema.

Las observaciones y hallazgos obtenidos por medio de la evaluación de las actividades (ver anexo 3.8) y el análisis realizado son los siguientes:

• El jefe de inventarios debe pasar los resultados de las consultas a tablas de Excel, mientras tanto los operarios no pueden iniciar la toma de inventario. Se deben pasar los resultados a Excel, porque el formato de los resultados de las consultas no es amigable para imprimirlos, además se deben formatear las tablas una vez pegados los resultados de las consultas, entonces los operarios deben de esperar hasta que hayan tablas disponibles para que ellos puedan ir a verificar la información contenidas en ellas. Si se logra automatizar o simplificar esta actividad, se puede agilizar el proceso y lograr una reducción en el tiempo total que consume.

- Las tablas entregadas a los operarios contienen la cantidad de bultos que hay por ubicación, esto puede ocasionar que los operarios sólo pongan que la cantidad está correcta, sin contar realmente cuántos bultos hay.
- Las tablas son listados por código, esto obliga a los operarios a tener que estar caminando por todo el almacén, pues un mismo código puede tener bultos en diferentes ubicaciones en cualquier parte del almacén. Si las tablas fueran ordenadas por ubicación, entonces los operarios podrían ir en orden ubicación por ubicación anotando la cantidad de bultos que hay en cada ubicación, de esta forma no tendrían que hacer recorridos por todo el almacén, y se aceleraría la revisión del inventario físico. Sin embargo esto implicaría posteriormente trabajo de digitación, pues se tendría que ingresar la cantidad de bultos que hay en cada una de las ubicaciones del almacén, lo cual sería una labor que requeriría el tiempo del jefe de inventarios.

2.3.2.2. Equipo

A continuación se procede a caracterizar el equipo humano y los equipos para el manejo de materiales que posee el CEDI de Grupo Servica.

2.3.2.2.1. Equipo humano

El siguiente cuadro muestra el equipo humano con que cuenta el CEDI, asimismo la cantidad de colaboradores, el horario de trabajo y el costo de una hora de trabajo de cada puesto.

Cuadro 4: Equipo humano del CEDI de Grupo Servica

Puesto	Cantidad	Horario de trabajo	Costo de una hora de trabajo (aproximado)
Operario de recepción 8 6:30 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a viernes		950 colones/hora	
Encargado de reabastecimiento	6:30 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a viernes		1000 colones/hora

Alistador 3		1:00 p.m. a 8:00 p.m. de lunes a viernes, 6:30 a.m. a 12 m.d. los sábados	1000 colones/hora	
Chequeador de despacho	2	1:00 p.m. a 8:00 p.m. de lunes a viernes, 6:30 a.m. a 12 m.d. los sábados	1000 colones/hora	
Operario de despacho	1	1:00 p.m. a 8:00 p.m. de lunes a viernes, 6:30 a.m. a 12 m.d. los sábados	950 colones/hora	
Montacarguista	3	6:30 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a viernes	1000 colones/hora	
Jefe de bodega	1	6:30 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a viernes	1450 colones/hora	
Jefe de alisto	1	1:00 p.m. a 8:00 p.m. de lunes a viernes, 6:30 a.m. a 12 m.d. los sábados	1450 colones/hora	
Jefe de inventarios	1	6:30 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a viernes	1450 colones/hora	
Coordinador de transporte	1	6:30 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a viernes	1450 colones/hora	
Asistente de operaciones	1	6:30 a.m. a 5:00 p.m. de lunes a viernes	1600 colones/hora	

A continuación se describen los roles y funciones de cada uno de estos puestos dentro de las operaciones del CEDI.

2.3.2.2.1.1. Operario de recepción

Los operarios de recepción apoyan la recepción de los productos. Reciben productos que ingresan desde los andenes o desde el almacén fiscal (ver sección 2.3.2.1.1), realizando tareas como asegurar que los SKUs y la cantidad recibida concuerden con la información brindada por el cliente, entarimar los productos y envolver las tarimas con plástico (según los casos comentados en la sección 2.3.2.1.1), registrar los

productos en el sistema y colocarlos dentro del CEDI (zona de almacenamiento, zona de alisto o zona de despacho).

Según datos históricos (de febrero de 2008 a julio de 2009) en promedio se utilizan 4 personas para recibir una carga, dado que se dispone de 8 operarios de recepción, se pueden recibir dos cargas al mismo tiempo; por otra parte, en promedio se reciben 67 tarimas por hora, entonces al considerar que la mayor cantidad de tarimas recibidas en un día durante ese período fue 789 tarimas, se puede afirmar que 8 operarios de recepción son suficientes para llevar a cabo la recepción.

2.3.2.2.1.2. Encargado de reabastecimiento

El encargado de reabastecimiento apoya al reabastecimiento de la zona de alisto. En la mañana reabastece las ubicaciones de alisto vacías colocando productos correspondientes a cada ubicación (ver sección 2.3.2.1.2), en la tarde recibe la instrucción del jefe de alisto para reabastecer aquellas ubicaciones de alisto que se quedaron sin suficiente producto para satisfacer el alisto de las órdenes (ver sección 2.3.2.1.4).

Según el muestreo realizado durante dos semanas, en promedio el tiempo utilizado para reabastecer una ubicación de alisto es 3 minutos y 16 segundos (tiempo que incluye transportar la tarima desde la zona de almacenamiento, quitarle el plástico a la tarima, acomodar los bultos, realizar la reubicación en el sistema, colocar y alinear la tarima dentro de la ubicación; ver sección 2.3.2.1.2); por su parte, el muestreo demuestra que la cantidad de ubicaciones de alisto que se reabastecen por día varía, entonces al considerar que la mayor cantidad de ubicaciones de alisto que se reabastecieron en un día durante el muestreo fue 215, el tiempo requerido para reabastecer esas ubicaciones es más de 11 horas. Sin embargo, el encargado de reabastecimiento solo cuenta con 5 horas del turno de la mañana para llevar a cabo esta operación, además es importante señalar que primero debe realizar tres tareas que no son propias del reabastecimiento y que requieren en promedio 46 minutos para su ejecución (ver sección 2.3.2.1.2). En la práctica el encargado de reabastecimiento cuenta con el apoyo de un montacarguista, quien transporta las tarimas desde la zona de almacenamiento mientras que él realice la tarea de colocarlas en las ubicaciones de

alisto; no obstante, el encargado de reabastecimiento también le solicita la ayuda a un operario para poder concluir esta operación en el tiempo asignado.

2.3.2.2.1.3. Alistador

Los alistadores alistan las órdenes del cliente (ver sección 2.3.2.1.4), realizando tareas como recibir la asignación de alisto dada por el jefe de alisto, alistar los productos de acuerdo con la asignación y colocar los productos alistados en la zona de despacho.

Según datos históricos (de enero de 2009 a septiembre de 2009) en promedio un alistador alista 748 bultos por hora; al considerar que en el turno de alisto los alistadores cuentan con un máximo de 7 horas (sin restar las horas improductivas, el tiempo de espera de la asignación por parte del jefe de alisto y otras contingencias que se puedan presentar), por día solo se logran alistar 15 708 bultos entre los 3 alistadores, pero según datos históricos (de julio de 2007 a mayo de 2009) de los 390 días registrados existen 28 días donde los bultos alistados superaron a 15 708, lo cual representa un 7,18 %. En la práctica se asignan a otros operarios para empezar el alisto de algunas órdenes en el turno de la mañana, según datos históricos (de enero de 2009 a septiembre de 2009) de los 178 días registrados existen 9 días en que se necesitó la ayuda de un operario auxiliador, lo cual representa un 5,06 % (la razón por la que este porcentaje es inferior al 7,18 % comentado anteriormente probablemente se debe a que durante los días de mucho trabajo los alistadores tienen un ritmo de trabajo superior al de un día promedio, por eso alistan más bultos que el valor esperado, y no requieren apoyo de un operario auxiliador).

2.3.2.2.1.4. Chequeador de despacho

Los chequeadores de despacho apoyan al despacho de los productos. Aseguran que los productos y la cantidad alistada concuerdan con las órdenes del cliente (ver sección 2.3.2.1.5), y solicitan a los alistadores corregir cualquier error de alisto detectado.

Según datos históricos (de febrero de 2009 a junio de 2009) en promedio un chequeador de despacho revisa 4 455 bultos por día; al considerar el dato anterior, por día solo se logran revisar 8 910 bultos entre los dos chequeadores, pero según datos históricos (de julio de 2007 a mayo de 2009) de los 390 días registrados existen 226

días donde los bultos alistados y que requerían chequeo superaron los 8 910, lo cual representa un 57,94 %. En la práctica se asignan a otros operarios para ayudar a realizar el chequeo, de los 94 días registrados existen 38 días en que se necesitó la ayuda de un operario auxiliador, lo cual representa un 40,43 %.

2.3.2.2.1.5. Operario de despacho

El operario de despacho apoya al despacho de los productos. Asiste a los chequeadores de despacho a cargar los productos despachados en los camiones (ver sección 2.3.2.1.5), realizando tareas como reentarimar los productos, envolver las tarimas con el plástico, y cargar los camiones.

No se cuentan con datos históricos que muestran la carga de trabajo del operario de despacho, sin embargo de las visitas realizadas al CEDI se observa que la tarea de cargar los camiones es realizada por el operario de despacho en conjunto con los transportistas de cada camión, y no se observan atrasos.

2.3.2.2.1.6. Montacarguistas

Los montacarguistas apoyan al transporte de los productos. Transportan los productos de una ubicación a otra, o de una zona a otra dentro del CEDI, como desde la zona de recepción hasta la zona de almacenamiento (ver sección 2.3.2.1.1), desde la zona de almacenamiento hasta la zona de alisto (ver sección 2.3.2.1.2), o desde la zona de almacenamiento hasta la zona de despacho (ver sección 2.3.2.1.4).

Dado que el CEDI cuenta con tres montacargas en este momento, por eso los tres montacarguistas son suficientes para manejar los montacargas actuales.

2.3.2.2.1.7. Jefe de bodega

El jefe de bodega apoya a la recepción y almacenamiento de los productos. Coordina e inspecciona la recepción de los productos (ver sección 2.3.2.1.1), controla la colocación o almacenamiento de los productos dentro del CEDI (en zona de almacenamiento, zona de alisto o zona de despacho).

2.3.2.2.1.8. Jefe de alisto

El jefe de alisto apoya a la atención de las órdenes del cliente. Recibe las facturas del cliente y las importa a los sistemas del CEDI (ver sección 2.3.2.1.3), coordina e inspecciona el alisto de las órdenes (ver sección 2.3.2.1.4), y supervisa el despacho de los productos (ver sección 2.3.2.1.5).

2.3.2.2.1.9. Jefe de inventarios

El jefe de inventarios apoya la administración del inventario. Asegura la exactitud del inventario, que el inventario físico concuerde con el registro del sistema, por eso realiza revisiones periódicas del inventario (ver sección 2.3.2.1.6), e investiga las causas de las diferencias entre el inventario físico y el registro del sistema detectadas durante el reabastecimiento de la zona de alisto (ver sección 2.3.2.1.2) o el despacho de los productos (ver sección 2.3.2.1.5), para poder hacer correcciones o ajustes necesarios.

2.3.2.1.10. Coordinador de transporte

El coordinador de transporte apoya a la asignación del transporte. Asigna camines con la capacidad adecuada para transportar los pedidos de cada cliente (ver sección 2.3.2.1.5) y diseña las rutas de entrega.

2.3.2.2.1.11. Asistente de operaciones

El asistente de operaciones apoya a todos los procesos. Supervisa que todos los procesos se lleven a cabo de manera ordenada y correcta.

Con base en el análisis anterior, se puede notar que la cantidad de operarios asignados al reabastecimiento, alisto y despacho no es suficiente para llevar a cabo las tareas dentro de las horas disponibles, sin embargo actualmente los operarios de recepción apoyan en la realización de estos procesos cuando la carga de trabajo aumenta, por lo que al tomar en cuenta esta multifuncionalidad de los operarios de recepción se puede afirmar que en este momento el equipo humano con que cuenta el CEDI es suficiente para llevar a cabo los procesos.

2.3.2.2. Equipo para el manejo de materiales

2.3.2.2.1. Montacargas

El CEDI cuenta con 3 montacargas SC4500 Crown, con las siguientes características⁹:

- **Dimensiones:** El alcance vertical es 4,8 m, la longitud de las horquillas es 0,9 m, y el ancho entre las horquillas es 0,65 m.
- **Velocidad de operación**: La velocidad de desplazamiento es 12,2 km/h (con carga) y 13,7 km/h (sin carga), la velocidad de elevación es 0,32 m/s (con carga) y 0,46 m/s (sin carga), y la velocidad de descenso es 0,46 m/s (con y sin carga).
- Batería: La capacidad de carga de la batería es 23,7 kWh, que permite 8 horas de trabajo continuo antes de volver a cargar. Una hora de carga permite una hora de trabajo, por eso el costo de una hora de trabajo de un montacargas es aproximadamente 2 250 colones.¹⁰

Los montacargas deben apoyar a casi todos los procesos: transportar los productos desde la zona de recepción hasta la zona de almacenamiento, desde la zona de almacenamiento hasta la zona de alisto, desde la zona de almacenamiento en bloque hasta la zona de despacho, entre otros. Por lo tanto, los montacargas son utilizados para manejar todos los productos que se encuentran en almacenamiento, a excepción de aquellos que están colocados en la ubicación posterior 11 de los racks de doble profundidad, pues en tal caso únicamente se puede recurrir al uso de los apiladores.

Se realizó un muestreo de trabajo para determinar el porcentaje de tiempo productivo de los montacargas. En total se tomaron 100 observaciones¹² para cada uno de los tres

⁹ Toda la información técnica de los equipos para el manejo de materiales ha sido obtenida de su respectiva ficha técnica.

¹⁰ El costo de una hora de trabajo de los equipos para el manejo de materiales no incluye el costo de mantenimiento, y es el resultado de multiplicar la energía que consumen por hora por el costo del kWh. El costo del kWh es 95 colones, según la tarifa actual del ICE.

¹¹ En los racks de doble profundidad, por cada cara que da al pasillo hay dos ubicaciones de profundidad: la posterior y la anterior.

¹² Se realizó un muestreo de dos semanas (de 21 de septiembre a 2 de octubre de 2009). Se generaron 100 números aleatorios para cada uno de los montacargas y apiladores con el fin de determinar los tiempos de muestreo (sin considerar la hora de almuerzo y la hora de descanso) para tomar las

montacargas, de las cuales se obtuvieron los siguientes porcentajes de tiempo productivo: 94 %, 91 % y 93 % respectivamente. Esto evidencia que los montacargas tienen un alto porcentaje de utilización, además de las visitas realizadas al CEDI se observa que si algún proceso requiere el uso de montacargas, pero ninguno de los tres montacargas se encuentra disponible, entonces ese proceso se atrasa; o si se necesitan colocar las tarimas que están en los pasillos dentro de las ubicaciones, pero no se cuenta con un montacargas disponible, entonces las tarimas siguen obstruyendo los pasillos. Por lo tanto, se requiere coordinación entre los diferentes procesos para el uso de los montacargas, además planificación para evitar que las horas improductivas de los montacargas (carga de batería y mantenimiento) afecten el uso de estos mismos.

2.3.2.2.2. Apiladores

El CEDI cuenta con 2 apiladores RD Crown, con las siguientes características:

- Dimensiones: El alcance vertical es 6,1 m, el alcance horizontal es 1 m, la longitud de las horquillas es 1 m, y el ancho entre las horquillas es 0,68 m.
- Velocidad de operación: La velocidad de desplazamiento es 13 km/h (con y sin carga), la velocidad de elevación es 0,52 m/s (con carga) y 0,77 (sin carga), la velocidad de descenso es 0,56 m/s (con y sin carga), la velocidad de extensión es 0,3 m/s.
- Batería: La capacidad de carga de la batería es 27 kWh, que permite 8 horas de trabajo continuo antes de volver a cargar. Una hora de carga permite una hora de trabajo, por eso el costo de una hora de trabajo de un apilador es aproximadamente 2 565 colones.

Los apiladores son utilizados en la zona de almacenamiento equipada con racks de doble profundidad, para manejar los productos que se encuentran tanto en la ubicación frontal como en la ubicación posterior.

observaciones requeridas (si el equipo está en movimiento o en reposo) para el análisis de las secciones 2.3.2.2.2.1 y 2.3.2.2.2.2.

Se realizó un muestreo de trabajo para determinar el porcentaje de tiempo productivo de los apiladores. En total se tomaron 100 observaciones para cada uno de los dos apiladores, de las cuales se obtuvieron los siguientes porcentajes de tiempo productivo: 91 % y 95 % respectivamente. Esto evidencia que los apiladores tienen un alto porcentaje de utilización, además de las visitas realizadas al CEDI se observó que los dos apiladores actuales no son suficientes para manejar la totalidad del movimiento de esa zona del almacén, razón por la cual se solicita el apoyo de los montacargas, ya que estos últimos pueden manejar los productos que se encuentran en la ubicación frontal de los racks de doble profundidad.

2.3.2.2.3. Carretillas eléctricas

El CEDI cuenta con 2 carretillas eléctricas WP Crown, con las siguientes características:

- Dimensiones: La altura de elevación es 0,13 m, la longitud de las horquillas es 1 m, y el ancho entre las horquillas es 0,52 m.
- **Velocidad de operación:** La velocidad de desplazamiento es 5,5 km/h (con carga) y 6 km/h (sin carga), la velocidad de elevación es 0,04 m/s (con carga) y 0,06 m/s (sin carga), y la velocidad de descenso es 0,06 m/s (con y sin carga).
- Batería: La capacidad de carga de la batería es 3,6 kWh, que permite 8 horas de trabajo continuo antes de volver a cargar. Una hora de carga permite una hora de trabajo, por eso el costo de una hora de trabajo de una carretilla eléctrica es aproximadamente 340 colones.

Las carretillas eléctricas son utilizadas en el proceso de la recepción de los productos, para sacar los productos que se encuentran dentro de los contenedores y colocarlos en la zona de recepción (en el caso de la recepción desde los andenes) o para recibir los productos que ingresan desde el almacén fiscal y transportarlos hasta su ubicación dentro del CEDI (en el caso de la recepción desde el almacén fiscal).

Según datos históricos (de febrero de 2008 a julio de 2009) en promedio se reciben 67 tarimas por hora, por eso las dos carretillas eléctricas actuales son suficientes para llevar a cabo la recepción.

2.3.2.2.4. Carretillas hombre a bordo

El CEDI cuenta con 3 carretillas hombre a bordo PE Crown, con las siguientes características:

- Dimensiones: La altura de elevación es 0,23 m, la longitud de las horquillas es 0,9
 m, y el ancho entre las horquillas es 0,56 m.
- Velocidad de operación: La velocidad de desplazamiento es 11,3 km/h (con carga) y 14,5 km/h (sin carga), la velocidad de elevación es 0,04 m/s (con carga) y 0,06 m/s (sin carga), y la velocidad de descenso es 0,06 m/s (con y sin carga).
- Batería: La capacidad de carga de la batería es 7,7 kWh, que permite 8 horas de trabajo continuo antes de volver a cargar. Una hora de carga permite una hora de trabajo, por eso el costo de una hora de trabajo de una carretilla hombre a bordo es aproximadamente 730 colones.

Las carretillas hombre a bordo son utilizadas en el proceso de alisto de órdenes (una carretilla por alistador), para transportar las tarimas de productos alistados desde la zona de alisto hasta la zona de despacho.

Según el análisis de la sección 2.3.2.2.1.3 existen días en que los 3 alistadores no son suficientes para llevar a cabo el alisto de las órdenes, por lo que se asignan a otros operarios para empezar el alisto en el turno de la mañana. Sin embargo, dado que los operarios asignados alistan en la mañana (y no juntos con los 3 alistadores en la tarde), por eso las 3 actuales carretillas hombre a bordo son suficientes.

2.3.2.2.5. Carretillas manuales

El CEDI cuenta con 9 carretillas manuales con las siguientes características:

Dimensiones: La altura de elevación es 0,13 m, la longitud de las horquillas es 0,8 m, y el ancho entre las horquillas es 0,45 m.

Las carretillas manuales están disponibles para ser usadas por cualquier operario del CEDI y en cualquier proceso (por lo general, el reabastecimiento de la zona de alisto requiere una carretilla manual, asimismo el proceso de recepción y el proceso de despacho también necesitan carretillas manuales).

No se cuenta con datos para calcular el porcentaje de utilización de las carretillas manuales, sin embargo de las visitas realizadas al CEDI se observa que los operarios siempre disponen de una carretilla manual cuando la necesitan.

2.3.2.3. Infraestructura

El edificio del CEDI de Grupo Servica es alquilado, por lo que no se pueden hacer modificaciones estructurales al edificio, según lo indicó el gerente de operaciones. Esta es una de las limitaciones que se deben tomar en cuenta, ya que descarta la posibilidad de rediseñar el edificio de manera que se ajuste a las operaciones y necesidades del CEDI, por ejemplo no se puede incrementar la altura de techo de manera que se pueda tener más niveles de rack, entre otros impedimentos.

El edificio cuenta con un área de 10 500 m². Se elaboró un plano del edificio donde se muestra la distribución física actual (ver anexo 4.1). A continuación se describen las principales zonas del CEDI.

2.3.2.3.1. Principales zonas del CEDI

2.3.2.3.1.1. Zona de recepción

Esta es una zona destinada para la recepción de los productos que los camiones transportan hasta el CEDI, cuya área es de aproximadamente 427 m².

Esta zona cuenta con 10 puertas de descarga, cada puerta tiene un ancho de 2,5 m y un espacio de parqueo para los camiones. Se encuentra adyacente a la Zona de Racks (ver figura 5).

Según datos históricos (de febrero de 2008 a abril de 2009), un 64,9 % de las tarimas recibidas ingresan desde esta zona.

Figura 5: Principales zonas del CEDI



2.3.2.3.1.2. Zona de Racks

Este es el nombre que el CEDI le asigna a la zona de almacenamiento equipada con racks de doble profundidad y racks selectivos, cuya área es de aproximadamente 3 490 m². Se encuentra adyacente a la zona de recepción y tiene pasillos que conectan con el Almacén 1, el Almacén 2 y la Zona 2 (ver figura 5).

Esta zona cuenta con 10 filas de racks de doble profundidad y 2 filas de racks selectivos, todas de 4 niveles, para un total de 4 584 posiciones. Cada posición tiene un ancho de 1,4 m, una profundidad de 2,55 m (incluye la posición del frente y la posición del fondo), y una altura de 1,55 m, y está diseñada para almacenar tarimas de 1,2 m x 1,2 m. Sin embargo, actualmente aproximadamente un 50 % de las posiciones tienen almacenadas tarimas de 1,0 m x 1,2 m, al considerar que las tarimas de 1,0 m x

1,2 m pueden ser almacenadas en posiciones con un ancho de 1,2 m (ver sección 2.3.2.3.1.3, las posiciones del Almacén 1 están diseñadas para tarimas de 1,0 m x 1,2 m y tienen un ancho de 1,2 m), se están desperdiciando 20 cm de espacio por cada posición.

Los racks están bien alineados, el ancho de los pasillos es 3,0 m. Según la recomendación del autor Pau Cos, el ancho de los pasillos recomendado para el movimiento de los apiladores es 2,0 m (2001, p. 137), por eso el ancho de los pasillos de esta zona es apropiado (esta zona está equipada de racks de doble profundidad, por eso está diseñada para usar apiladores), por su parte el ancho de los pasillos recomendado para el movimiento de los montacargas es de 3,0 m a 3,5 m (2001, p. 137), por eso el ancho de los pasillos de la zona también es adecuado para los montacargas.

2.3.2.3.1.3. Almacén 1

Este es el nombre que el CEDI le asigna a la zona de almacenamiento equipada con racks selectivos, cuya área es de aproximadamente 2 840 m². Se encuentra adyacente a la zona de despacho y a la Zona 1, también tiene pasillos que conectan con la Zona de Racks y la Zona 2 (ver figura 5).

Esta zona cuenta con 15 filas de racks selectivos y de 4 niveles, para un total de 2 888 posiciones. Cada posición tiene un ancho de 1,19 m, una profundidad de 1,2 m, y una altura de 1,55 m, y está diseñada para almacenar tarimas de 1,0 m x 1,2 m. 41,85 19,45

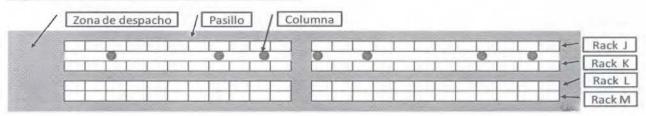
El primer nivel de los racks está asignado para la zona de alisto, pero algunas posiciones se han destinado para la zona de almacenamiento, por eso actualmente existen aproximadamente 642 posiciones de alisto en el primer nivel.

La altura del techo solo permite 4 niveles de racks, sin embargo la parte central del techo es más alta, por eso en esa parte se pueden estibar dos tarimas en el cuarto nivel, una tarima encima de la otra, con el fin de aprovechar el espacio físico. Además entre la décima y la undécima fila de racks (fila J y fila K según la nomenclatura del CEDI) se encuentran las columnas que sostienen el techo (ver figura 6), por lo tanto

existe un espacio de aproximadamente 1,2 m entre la décima y la undécima fila, de modo que se manejan algunas posiciones del primer nivel de la undécima fila como de doble profundidad (las posiciones que están donde se encuentran las columnas siguen siendo de una profundidad), también con el objetivo de aprovechar el espacio físico.

Los racks están desalineados (ver anexo 4.1), por lo tanto la cantidad de posiciones de cada fila de racks es distinta. El ancho de los pasillos es 3,2 m, el cual es adecuado para el movimiento de los montacargas, ya que como se comentó en la sección anterior el ancho de los pasillos recomendado para el movimiento de los montacargas es de 3,0 m a 3,5 m.

Figura 6: Rack J y Rack K del Almacén 1



2.3.2.3.1.4. Almacén 2

Este es el nombre que el CEDI le asigna a la zona de almacenamiento equipada con racks selectivos diseñados para almacenar tarimas de 1,2 m x 1,2 m, cuya área es de aproximadamente 1 285 m². Tiene pasillos que conectan con la Zona de Racks y la Zona 2; también tiene una puerta que conecta el CEDI con el almacén fiscal (ver figura 5).

Esta zona cuenta con 4 filas de racks selectivos y de 4 niveles, para un total de 864 posiciones. Cada posición tiene un ancho de 1,4 m, una profundidad de 1,3 m, y una altura de 1,55 m, y está diseñada para almacenar tarimas de 1,2 m x 1,2 m.

Los racks están bien alineados, el ancho de los pasillos es 3 m. De acuerdo con lo comentado en la sección 2.3.2.3.1.2, este ancho es adecuado tanto para el movimiento de los apiladores, como de los montacargas.

2.3.2.3.1.5. Zona 1

Este es el nombre que el CEDI le asigna a la primera zona de almacenamiento en bloque, cuya área es de aproximadamente 157 m². Se encuentra adyacente al Almacén 1 (ver figura 5).

Esta zona permite almacenar aproximadamente 29 lanes de almacenamiento en bloque con una profundidad de 4 tarimas de 1,0 m x 1,2 m y con 4 niveles de estiba, para un total de 464 tarimas. Dado que las tarimas se almacenan en bloque, la altura de las tarimas no es restringida por la altura de las posiciones de los racks, razón por la cual se pueden colocar más camas de producto en las tarimas, siempre y cuando no se dañen los productos, con el fin de aumentar la capacidad de almacenamiento. Actualmente los productos almacenados en esta zona son de la familia de papeles higiénicos, pues estos no sufren daños al remontar unas tarimas sobre otras.

2.3.2.3.1.6. Zona 2

Este es el nombre que el CEDI le asigna a la segunda zona de almacenamiento en bloque, cuya área es de aproximadamente 988 m². Tiene pasillos conectan con la Zona de Racks, el Almacén 1 y el Almacén 2 (ver figura 5).

Esta zona permite almacenar aproximadamente 37 lanes de almacenamiento en bloque con una profundidad de 8 tarimas y 37 lanes de almacenamiento con una profundidad de 9 tarimas, con 4 niveles de estiba, para un total de 2 516 tarimas. Dado que las tarimas se almacenan en bloque, la altura de las tarimas no es restringida por la altura de las posiciones de los racks, razón por la cual se pueden colocar más camas de producto en las tarimas, siempre y cuando no se dañen los productos; tal como se comentó en la sección anterior, los productos de la familia de papeles higiénicos pueden ser almacenados en esta zona.

Por otra parte, esta zona también está destinada para la recepción de los productos que ingresan desde el almacén fiscal, pues tiene una puerta que conecta el CEDI con el almacén fiscal. Según datos históricos (de febrero de 2008 a abril de 2009), un 35,1 % de las tarimas recibidas ingresan desde el almacén fiscal.

No obstante, cuando se efectúa la recepción, difícilmente se pueden realizar paralelamente tareas como colocar o sacar tarimas de la Zona 2.

2.3.2.3.1.7. Zona de despacho

Esta es una zona destinada para el despacho de los productos, cuya área es de aproximadamente 340 m². Se encuentra adyacente al Almacén 1, por ende cercana a la zona de alisto (ver figura 5).

Esta zona cuenta con 6 puertas de carga, 4 puertas tienen un ancho de 2,5 m y 2 puertas tienen un ancho de 3,35 m; por su parte, cada puerta tiene un espacio de parqueo para los camiones.

2.3.2.3.2. Flujos

Para analizar los flujos existentes dentro del CEDI se elaboró un plano del edificio con los principales flujos (ver figura 7).

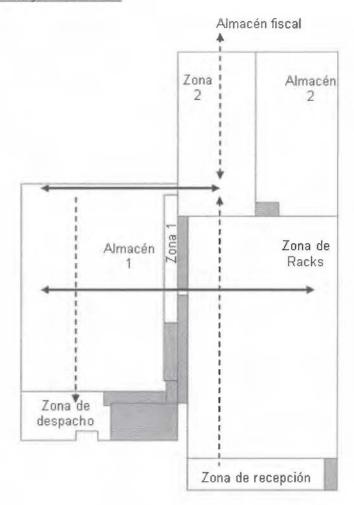
El patrón del flujo es un flujo en forma de U (Frazelle, 2002b, pp. 194-196). Los productos ingresan desde la zona de recepción o desde la Zona 2, luego son almacenados en la Zona de Racks, el Almacén 1, el Almacén 2, la Zona 1 y la Zona 2, posteriormente son trasladados hasta la zona de alisto que se encuentra en el Almacén 1, y finalmente son colocados en la zona de despacho para ser despachados.

Según Frazelle las ventajas del flujo en forma de U son:

- Las zonas de almacenamiento más cercanas a los andenes de recepción y de despacho son los lugares naturales en donde ubicar productos de alta rotación.
- Permite ampliación en tres direcciones.
- Excelente seguridad puesto que sólo un costado del edificio se utiliza para la entrada y la salida de mercancía.

Existen dos principales flujos (en el plano se muestran con flechas continuas) que son el pasillo que conecta el Almacén 1 con la Zona de Racks, y el pasillo que conecta el Almacén 1 con la Zona 2. En estos dos pasillos se concentra una gran cantidad de flujo de productos.

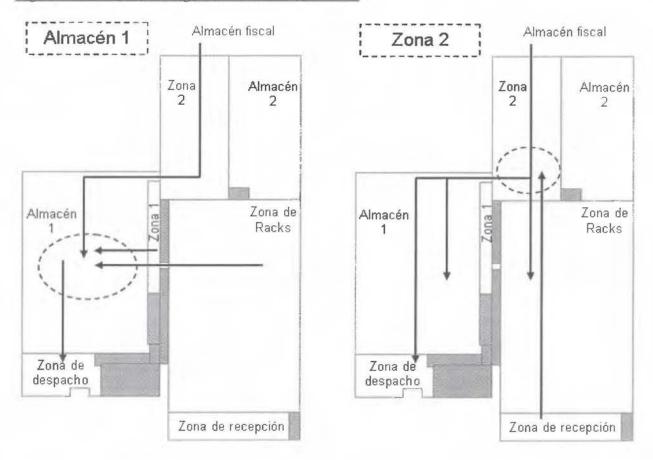
Figura 7: Principales flujos del CEDI



2.3.2.3.3. Zonas de congestionamiento

Existen dos posibles zonas de congestionamiento que son el Almacén 1 y la Zona 2 que se muestran en la siguiente figura.

Figura 8: Zonas de congestionamiento del CEDI



En el Almacén 1, el primer nivel de los racks está destinado para la zona de alisto y los demás tres niveles están asignados para la zona de almacenamiento, por eso en esta zona se concentran los siguientes flujos:

- Recepción desde el almacén fiscal: La recepción se realiza de 6:30 a.m. a 5:00 p.m.; tal como se comentó en la sección 2.3.2.1.1 no existen citas de recibo, por eso en cualquier momento del día se puede necesitar hacer la recepción. Cuando se efectúa la recepción, el flujo de los productos viene desde la Zona 2 e ingresa al Almacén 1.
- Reabastecimiento de la zona de alisto: El reabastecimiento se realiza de 6:30 a.m. a 5:00 p.m.; tal como se comentó en la sección 2.3.2.1.2 el trabajo intenso del reabastecimiento se encuentra en el turno de la mañana (de 6:30 a.m. a 12:00 m.d.), y en las horas de la tarde (de 1:00 p.m. a 5:00 p.m.) solo se reabastece cuando hay faltantes. Cuando se efectúa el reabastecimiento, el flujo de los

- productos viene desde la zona de almacenamiento (Zona de Racks, Zona 1, Zona 2 y el propio Almacén 1) e ingresa al Almacén 1.
- Alisto de las órdenes: El alisto se realiza de 1:00 p.m. a 8:00 p.m. Cuando se efectúa el alisto, el flujo de los productos sale del Almacén 1 e ingresa a la zona de despacho.

En la Zona 2, se llevan a cabo el almacenamiento en bloque y la recepción de los productos desde el almacén fiscal, entonces en esta zona se concentran los siguientes flujos:

- Recepción desde los andenes: La recepción se realiza de 6:30 a.m. a 5:00 p.m.; en cualquier momento del día se puede necesitar hacer la recepción dado que no existen citas de recibo. Cuando se efectúa la recepción, los productos que son asignados al almacenamiento en bloque vienen desde la zona de recepción e ingresan a la Zona 2.
- Recepción desde el almacén fiscal: La recepción se realiza de 6:30 a.m. a 5:00 p.m.; como el caso anterior, no existen citas de recibo, en cualquier momento del día se puede necesitar hacer la recepción. Cuando se efectúa la recepción, el flujo de los productos sale de la Zona 2 e ingresa al Almacén 1 o a la Zona de Racks.
- Reabastecimiento de la zona de alisto: El reabastecimiento se realiza de 6:30
 a.m. a 5:00 p.m. Cuando se efectúa el reabastecimiento, el flujo de los productos
 sale de la Zona 2 e ingresa al Almacén 1.
- Alisto de las órdenes: El alisto se realiza de 1:00 p.m. a 8:00 p.m. Cuando se efectúa el alisto, el flujo de los productos sale de la Zona 2 e ingresa a la zona de despacho.

Se puede observar que existen contraflujos (flujos que ingresan y salen) en ambas zonas a lo largo del día.

2.3.2.3.4. Adyacencia de zonas

En esta sección se procede a analizar la adyacencia de zonas en función de los procesos, tal como comenta Frazelle en su libro: "los procesos contiguos deben estar ubicados cerca entre sí" (2002b, p. 198).

- De la zona de recepción a la zona de almacenamiento: Los productos que se reciben desde los andenes (ingresan por la zona de recepción), si son asignados al almacenamiento en bloque deben llegar a la Zona 1 o a la Zona 2, pero se puede observar en la figura 5 que para llegar a estas zonas se debe pasar por la Zona de Racks, por eso para llegar a la Zona 1 se deben recorrer aproximadamente 53 m más y para llegar a la Zona 2 se deben recorrer aproximadamente 75 m más. Por su parte, los productos que se reciben desde el almacén fiscal (ingresan por la Zona 2) son asignados al almacenamiento en racks (Zona de Racks y Almacén 1), pero también se observa que para llegar a la Zona de Racks o el Almacén 1 se debe pasar por la Zona 2, por eso se deben recorrer aproximadamente 51 m más.
- De la zona de almacenamiento a la zona de alisto: La zona de alisto se ubica en el Almacén 1, por eso se encuentra cerca de los productos que se almacenan en el Almacén 1; además las demás zonas de almacenamiento (Zona de Racks, Zona 1 y Zona 2) están contiguas al Almacén 1, de esta forma se observa que todas las zonas de almacenamiento se encuentran próximas a la zona de alisto.
- De la zona de alisto a la zona de despacho: Dado que el Almacén 1 está adyacente a la zona de despacho, por eso la zona de alisto está cerca de la zona de despacho; sin embargo, se debe tomar en cuenta que también se alista directamente desde la Zona 1 y la Zona 2 donde se encuentran los productos almacenados en bloque, en el caso de la Zona 2 se debe pasar por el Almacén 1 para poder llegar a la zona de despacho, por eso se deben recorrer aproximadamente 64 m más.

2.3.2.4. Información

El CEDI de Grupo Servica utiliza un Sistema de Administración de Almacenes (WMS, Warehouse Management System) desarrollado por *Logistika Labs*, que le permite controlar el movimiento y almacenamiento de los productos que maneja, con el fin de conocer de manera veraz y oportuna la cantidad y ubicación de los mismos; además le permite planear y ejecutar las actividades a realizar en la bodega. Por otro lado, utiliza comunicaciones por radio frecuencia, permitiendo la transferencia en tiempo real de datos entre el WMS y el personal del almacén.

Se realizó un análisis para conocer las funcionalidades del WMS con que cuenta el CEDI actualmente en comparación con las funcionalidades básicas recomendadas, con el fin de detectar las debilidades del mismo. Paralelamente se entrevistaron a los principales usuarios del WMS para saber su percepción sobre el WMS; se definieron seis variables que sirven de guía para las entrevistas, las cuales son: criticidad para el negocio, grado de apoyo al proceso, flexibilidad para adaptarse, capacidad de información producida, estabilidad y desempeño (la descripción de cada variable está en anexo 5.1).

2.3.2.4.1. Funcionalidades y debilidades del WMS actual

Con el objetivo de conocer las funcionalidades de un WMS se revisaron varias referencias bibliográficas¹³ y se investigaron los diferentes WMS que ofrecen algunos proveedores en el mercado, tales como *Manhattan Associates* y *CIMATIC*, y como resultado se elaboró el siguiente cuadro que describe las funcionalidades básicas que se recomiendan que un WMS debe poseer.

Cuadro 5: Funcionalidades básicas recomendadas para un WMS

Recepción	1	Programa los recursos de recepción (tales como: puertas de descarga, espacio de espera, personal, equipo para el manejo de materiales, entre otros.)					
	2	Registra la información de los productos recibidos (tales como: código y cantidad de cada producto, fecha de ingreso, entre otros.)					
	3	Permite el <i>cross-docking</i> (programa las cargas hacia el almacén y asigna de inmediato las puertas de despacho.)					
Almacenamiento	4	Permite el putaway guiado (dirige a los operarios a ubicar cada tarima o producto según el algoritmo programado, por ejemplo: la zonificación, aprovechamiento del espacio, especificaciones técnicas de cada producto, entre otros.)					
	5	Permite el <i>interleaving</i> (dirige a los operarios colocar y extraer tarimas en la zona de almacenamiento en un mismo viaje.)					

^{*}Frazelle, Edward. World-class warehousing and material handling. McGraw-Hill. Estados Unidos, 2002.

^{*} Frazelle, Edward. Supply chain strategy: the logistics of supply chain management. McGraw-Hill. Estados Unidos, 2002.

^{*} Pau Cos, Jordi & De Navascués, Ricardo. Manual de Logística Integral. Ediciones Díaz de Santos S.A., España, 2001.

^{*} Chopra, Sunil. Supply chain management: strategy, planning and operation. Tercera edición, Pearson Educaction. Estados Unidos, 2007.

	6	Prepara las órdenes de alisto (por ejemplo: alisto por tarimas, alisto por bultos, entre otros.)
	7	Diseña el tour del alisto según el algoritmo programado (por ejemplo: alisto por la avenida central con viajes laterales, esquema de serpenteo, entre otros.)
Alisto	8	Asigna las órdenes de alisto a cada operario según el algoritmo programado (por ejemplo: la prioridad de cada orden, la asignación equitativa entre los alistadores, la coordinación con la zona del despacho, entre otros.)
	9	Avisa automáticamente el reabastecimiento de las ubicaciones de alisto
Despacho	10	Programa los recursos de despacho (tales como: puertas de carga, espacio de espera, personal, equipo para el manejo de materiales, entre otros.)
	11	Ofrece información de cada producto (tales como: código, descripción, dimensiones, peso, unidades por bulto, condiciones especiales de almacenamiento, entre otros.)
Gestión de inventarios	12	Identifica la ubicación y cantidad de cada producto dentro del almacén (por ejemplo: por medio de una licencia de radio frecuencia.)
	13	Indica el inventario en tiempo real
Administración	14	Recopila automáticamente la información para calcular indicadores de desempeño y perfiles de actividades
del almacén	15	Da seguimiento continuo al desempeño del almacén (tales como: productividad, exactitud, densidad de almacenamiento, entre otros.)

A continuación se procede a analizar el WMS actual del CEDI en comparación con el cuadro anterior.

2.3.2.4.1.1. Recepción

- 1) Programa los recursos de recepción (tales como: puertas de descarga, espacio de espera, personal, equipo para el manejo de materiales, entre otros.)
 - El WMS actual no tiene esta funcionalidad, además tal como se comentó en la sección 2.3.2.1.1 no existen citas de recibo, por eso no se puede hacer una programación de recepción con anticipación. Esto puede generar tiempo de espera durante el proceso de recepción, ya que si no hay puerta de descarga libre, el camión debe esperar hasta que algún otro camión termine la descarga; o si no hay personal o equipo para el manejo de materiales disponible, el camión también debe esperar para ser descargado.

- 2) Registra la información de los productos recibidos (tales como: código y cantidad de cada producto, fecha de ingreso, entre otros.)
 - El operario ingresa al WMS por medio de un handheld la información relevante de los productos recibidos, tales como el nombre y código del producto, la cantidad de bultos en cada tarima, la fecha de recepción, entre otras. Además asigna una licencia a cada tarima, que es impresa sobre una etiqueta y pegada en un lugar visible en cada tarima.
 - Sin embargo, el WMS actual ocasionalmente comete el error de duplicar las licencias ingresadas, es decir, duplica la cantidad de los bultos ingresada (ver sección 2.3.2.1.1). Esto hace que el jefe de bodega deba revisar cada recepción para asegurar que el WMS tenga la información correcta, y que las tarimas recibidas no puedan ser colocadas directamente en sus ubicaciones correspondientes y deban esperar hasta que el jefe de bodega haga la revisión.
- 3) Permite el *cross-docking* (programa las cargas hacia el almacén y asigna de inmediato las puertas de despacho.)
 - El WMS actual no permite el cross-docking, porque no identifica si los productos recibidos se necesitan en el alisto, por eso no puede indicar que estos deben de ser transportados a la zona de despacho. El beneficio que trae el cross-docking es que se pueden ahorrar los costos de ubicar las tarimas en el almacén para luego tener que buscarlas y volver a llevarlas hasta la zona de despacho. No obstante, en las operaciones actuales del CEDI no es posible realizar el cross-docking puro, pues no existen citas de recibo, condición necesaria para realizarlo.

2.3.2.4.1.2. Almacenamiento

- 4) Permite el *putaway* guiado (dirige a los operarios a ubicar cada tarima o producto según el algoritmo programado, por ejemplo: la zonificación, aprovechamiento del espacio, especificaciones técnicas de cada producto, entre otros.)
 - El WMS actual no permite el *putaway* guiado, en este momento el operario que transporta la tarima a la zona de almacenamiento es quien toma la decisión de

dónde colocar la tarima según su criterio. Esto no garantiza que la ubicación en donde se almacena la tarima es la adecuada para maximizar la densidad de almacenamiento y la productividad operativa.

- 5) Permite el *interleaving* (dirige a los operarios colocar y extraer tarimas en la zona de almacenamiento en un mismo viaje.)
 - El WMS actual no permite el interleaving, por eso no se pueden combinar las operaciones de colocación y de alisto de los productos en la zona de almacenamiento, de manera que se puedan reducir los viajes vacíos de los equipos para el manejo de materiales. Si el WMS pudiera coordinar el interleaving, se minimizarían las distancias recorridas y se aumentaría el aprovechamiento de los equipos.

2.3.2.4.1.3. Alisto

- 6) Prepara las órdenes de alisto (por ejemplo: alisto por tarimas, alisto por bultos, entre otros.)
 - El WMS actual no puede determinar cuáles productos deben de ser alistados desde la zona de almacenamiento semi-permanente, por eso en este momento el jefe de alisto es quien toma la decisión según su experiencia, pues tampoco existen criterios definidos ni un análisis estructurado. De esta forma, los montacarguistas deben esperar la indicación del jefe de alisto para empezar a transportar las tarimas solicitadas a la zona de despacho, y si el jefe de alisto se atrasara, el alisto se atrasaría.
- 7) Diseña el tour del alisto según el algoritmo programado (por ejemplo: alisto por la avenida central con viajes laterales, esquema de serpenteo, entre otros.)
 - El WMS actual no identifica si una tarima está completa o no, entonces planea el tour de alisto de las órdenes sin tomar esto en cuenta, por eso actualmente el encargado del reabastecimiento debe ubicar las tarimas incompletas en la ubicación que queda de primera en la ruta de alisto, para que el WMS pueda asignar primero las tarimas incompletas. Esto atrasa el proceso de reabastecimiento de las ubicaciones de alisto, pero si el encargado de

- reabastecimiento no lo hiciera, no se podría garantizar una buena utilización del espacio de las ubicaciones de alisto.
- El WMS actual no permite elegir el algoritmo que se utiliza para diseñar el tour de alisto, la única opción es el esquema de "alisto por la avenida central con viajes laterales".
- La secuencia que tiene programada el WMS actual es ir recorriendo los pasillos en orden desde las ubicaciones más lejanas a los andenes hasta las más cercanas, sin embargo este orden varía entre los pasillos. En algunos pasillos el WMS asigna primero todas las ubicaciones del rack izquierdo del pasillo y luego las ubicaciones del rack derecho del pasillo (por ejemplo, en el pasillo entre los racks A y B, asigna primero las ubicaciones del rack A, luego las del rack B), pero en otros pasillos el WMS asigna de manera zig zag (por ejemplo, primero A1, luego B1, así sucesivamente A2, B2, A3, B3, etc.). Ningún operario del CEDI conoce por qué se programó el WMS de esta manera, y cuáles eran los criterios utilizados.
- 8) Asigna las órdenes de alisto a cada operario según el algoritmo programado (por ejemplo: la prioridad de cada orden, la asignación equitativa entre los alistadores, la coordinación con la zona del despacho, entre otros.)
 - El jefe de alisto realiza la asignación de las órdenes, y cada alistador consulta mediante el handheld los productos y la cantidad que debe alistar, asimismo su ubicación dentro del CEDI.
 - Sin embargo, el WMS actual no es capaz de asignar automáticamente las órdenes a los alistadores, por eso el jefe de alisto es quien realiza esta tarea, pero si él se atrasara, el alisto también se atrasaría. Además como la asignación está sujeta a criterios del jefe de alisto, difícilmente se puedan considerar variables como la prioridad de cada orden, la distribución uniforme entre los alistadores, entre otras.
- 9) Avisa automáticamente el reabastecimiento de las ubicaciones de alisto
 - El WMS no tiene la capacidad para identificar si hay suficiente producto en la zona de alisto para completar el alisto de una factura, por eso en este momento

se utiliza una macro en Excel que muestra los códigos de producto y las cantidades faltantes en la zona de alisto para completar el alisto de todas las órdenes pendientes. Como no existe un aviso automático, el jefe de alisto nota que hay faltantes cuando consulta la hoja de Excel, por eso hasta ese momento le indica al operario encargado proceder con el reabastecimiento y espera hasta que éste termine con la tarea para poder continuar con la asignación del alisto, esto podría atrasar el proceso.

2.3.2.4.1.4. Despacho

- 10) Programa los recursos de despacho (tales como: puertas de carga, espacio de espera, personal, equipo para el manejo de materiales, entre otros.)
 - Actualmente el WMS no participa en la gestión de carga, porque según lo comentado en la sección 2.3.2.1.4 el despacho de los productos en el sistema se hace cuando se termina de alistar, por eso a partir de ese momento para efectos del WMS los productos ya no están dentro del CEDI.

2.3.2.4.1.5. Gestión de inventarios

- 11) Ofrece información de cada producto (tales como: código, descripción, dimensiones, peso, unidades por bulto, condiciones especiales almacenamiento, entre otros.)
 - El WMS actual contiene información como el código, descripción y familia de cada producto, también la fecha y cantidad de recepción, de alisto y de despacho que permite la trazabilidad.
 - Sin embargo, el WMS actual no dispone de información sobre las características de cada producto, tales como dimensiones, peso, condiciones especiales de almacenamiento, entre otras. Para que el WMS cuente con esta información, es necesario que el personal del CEDI ingrese estos datos al WMS (esto puede implicar trabajos como medición de las dimensiones).
- 12) Identifica la ubicación y cantidad de cada producto dentro del almacén (por ejemplo: por medio de una licencia de radio frecuencia.)

 El WMS permite el control y gestión de inventarios. Diariamente se puede utilizar el handheld para consultar, por medio de radio frecuencia, la ubicación y cantidad de cada producto. Mensualmente o cuando se considere conveniente se puede realizar una revisión de inventario para asegurar que la información del WMS sea correcta.

13) Indica el inventario en tiempo real

• Cada ubicación del CEDI cuenta con una licencia, cuando el operario coloca una tarima en una ubicación del CEDI, pasa su handheld por la etiqueta de la tarima y por la licencia de la ubicación, entonces el WMS automáticamente actualiza su base de datos ligando la licencia de la tarima con la de la ubicación. De esta forma la licencia de cada ubicación ofrece información sobre el producto que contiene, o en su defecto, el espacio disponible.

2.3.2.4.1.6. Administración del almacén

- 14) Recopila automáticamente la información para calcular indicadores de desempeño y perfiles de actividades
 - El WMS actual carece de la funcionalidad de recopilar automáticamente la información requerida para llevar un control del desempeño en cada proceso, por eso en este momento se deben anotar los datos en las hojas diseñadas para este fin y luego ingresarlos manualmente en las hojas de Excel programadas para calcular los indicadores que permitan medir el desempeño de cada proceso. Esto consume el tiempo del personal del almacén al tener que ingresar manualmente los datos, además no garantiza la exactitud de los datos, pues estos están expuestos a errores humanos.
- 15) Da seguimiento continuo al desempeño del almacén (tales como: productividad, exactitud, densidad de almacenamiento, entre otros.)
 - El WMS actual no puede calcular automáticamente los indicadores necesarios para medir el desempeño de cada proceso, por eso el personal del CEDI recurre al uso de las hojas de cálculo de Excel para poder obtener los indicadores que ellos consideran importantes.

2.3.2.4.2. Percepción de los usuarios sobre el WMS

Se entrevistó a los cinco principales usuarios del WMS: el gerente de operaciones (tiene 15 meses de utilizar el WMS), el asistente de operaciones (tiene 56 meses de utilizar el WMS), el jefe de bodega (tiene 60 meses de utilizar el WMS), el jefe de alisto (tiene 22 meses de utilizar el WMS) y el jefe de inventarios (tiene 60 meses de utilizar el WMS).

2.3.2.4.2.1. Criticidad para el negocio

Todos los usuarios calificaron que el WMS es **crítico** para el negocio. El CEDI maneja una gran cantidad de inventarios, por eso es necesario contar con este sistema para mantener un buen control y manejo de los inventarios, al igual que todas las transacciones en línea fundamentales para el negocio.

2.3.2.4.2.2. Grado de apoyo al proceso

Todos los usuarios calificaron que el apoyo que el WMS brinda al proceso es **bajo**. El WMS carece de muchas funcionalidades requeridas para el desempeño del CEDI (tales como las comentadas en la sección 2.3.2.4.1), al no tenerlas los operarios del CEDI deben emplear otros programas para completar la información o utilizar otras herramientas para compensar las aplicaciones que le hacen falta.

2.3.2.4.2.3. Flexibilidad para adaptarse

Todos los usuarios calificaron que el WMS es muy **inflexible**. Prácticamente el WMS se diseñó para una sola operación, además no está totalmente terminado, por lo que si se requiere algún tipo de cambio, se debe hacerlo desde las fuentes y solicitar apoyo del personal externo a la empresa. De modo que los operarios del CEDI recurren a otras aplicaciones para compensar este problema de flexibilidad.

2.3.2.4.2.4. Capacidad de la información producida

Todos los usuarios calificaron que la capacidad del WMS de producir la información requerida es **baja**. A pesar de que las consultas en el WMS son bastantes rápidas y

certeras, éste no cuenta con todos los requerimientos que se ocupan para las operaciones del CEDI, por ejemplo, la determinación de si hay productos suficientes para completar una orden de alisto no existe, el módulo de indicadores no existe, etc. Además no se pueden desarrollar nuevas consultas de una manera fácil, porque es necesario programarlas de una manera compleja que requiere del apoyo de los desarrolladores del software.

2.3.2.4.2.5. Estabilidad

Todos los usuarios calificaron que el WMS es **inestable**. A causa de lo comentado en la variable "flexibilidad", constantemente se deben hacer cambios al WMS, lo cual hace que el WMS sea inestable. Por su parte, la red inalámbrica con la cual trabaja el WMS tampoco está funcionando bien, y esto afecta seriamente a los operarios que usan *handheld*. Además en este momento por un cambio de servidores la estabilidad se ha vuelto un problema.

2.3.2.4.2.6. Desempeño

Todos los usuarios calificaron que el desempeño del WMS es **bajo**. Actualmente los operarios del CEDI trabajan con este WMS porque es el que tienen, pero están conscientes de que existen sistemas superiores con mejor desempeño que abarcan indicadores, asignación de órdenes, facturación, etc. La dependencia es alta (tal como se comentó en la variable "criticidad", el WMS es crítico par el negocio), por eso los operarios tratan de mejorar el WMS o complementarlo con otras herramientas.

2.3.3. Caracterización de los perfiles operativos del CEDI

El segundo objetivo de este diagnóstico consiste en la identificación de las características que definen a los clientes a los que les da servicio el Centro de Distribución de Grupo Servica.

Es de suma importancia la caracterización de los clientes a los cuales se atiende, pues el conocer sus requerimientos permite evaluar con más detalle la operación del CEDI. Cuando se está hablando de centros de distribución, y en general de cualquier actividad, no se puede hacer una evaluación sin tomar en cuenta el contexto en el que se lleva a cabo dicha actividad. El tipo de clientes que se tiene es una parte fundamental del contexto en el que opera el centro de distribución de un tercero en logística.

Para la caracterización de los clientes se ha utilizado como base una serie de perfiles propuestos por Edward Frazelle en su libro *World-Class Warehousing and Material Handling* (2002). Él define 5 grupos de perfiles (perfil de alisto, perfil de recepción, perfil de actividad, perfil de inventario y perfil de estacionalidad), cada uno enfocado en un aspecto diferente de la operación. Su argumento es que mediante estos perfiles es posible identificar las causas raíz de los problemas o de las ineficiencias presentes en el centro de distribución, así como las principales oportunidades para optimizar la operación del mismo.

Como parte de los perfiles se han realizados todos los análisis sugeridos por dicho autor, excepto donde se indica explícitamente lo contrario, y se han complementado con varios análisis ad hoc que se han considerado pertinentes a partir de los hallazgos hechos durante el desarrollo de los perfiles. A continuación se presenta en detalle los resultados obtenidos.

2.3.3.1. Perfil de alisto

La actividad de alisto en un centro de distribución es muy distinta según el tipo de producto que se maneje, y según los clientes a los que se sirva, por ejemplo no es lo mismo un centro de distribución que despacha productos electrónicos a clientes finales, que uno que abastece los centros de distribución de compañías de supermercados. Sus prácticas van a ser sumamente distintas, y la manera de aumentar la eficiencia no es la misma para los dos. De ahí la importancia de identificar las características del alisto que se lleva a cabo en el CEDI.

Uno de los principales objetivos que se busca mediante el perfil de alisto es la identificación y agrupación de las órdenes de acuerdo con sus características, de modo que se puedan definir "tipos" de órdenes, y destinar equipos para el manejo de materiales o áreas de alisto específicas para cada tipo de orden. Detrás de eso está el

concepto de "almacén dentro del almacén", el cual se sustenta en el hecho de que una mayor homogeneidad de las órdenes permite una mayor especialización y consecuentemente una mayor eficiencia. Para aprovechar esto se definen sub-bodegas especializadas dentro de la bodega general.

Para realizar este perfil se han utilizados los datos de alisto del periodo comprendido entre junio de 2007 y mayo de 2009. El periodo analizado en este perfil corresponde a la información que la empresa tuvo posibilidad de facilitar en el momento de su realización.

2.3.3.1.1. Análisis de mezcla por familias

Este perfil nos permite identificar si las órdenes en su mayoría son puras en términos de familias (es decir, tienen productos de una sola familia), o por el contrario son la combinación de productos de varias familias.

Si las órdenes tienden a ser puras es un indicador inicial de que la zonificación de la bodega por familias podría ser una buena alternativa, mientras que si las órdenes son en su mayoría mezclas hace poco atractiva esta idea.

En el caso de Grupo Servica las familias han sido definidas por la compañía, y en general se trata de productos que tienen usos y características similares. Las familias son:

- Tissue: Papel higiénico, servilletas, pañuelos faciales y toallas para cocina.
- Fempro: Todo tipo de toallas femeninas.
- *Pañales*: Pañales para niño en todas sus presentaciones.
- Incontinencia: Pañales para adultos y productos para la incontinencia urinaria.
- Institucional: Productos para uso masivo, por ejemplo dispensadores de papel higiénico y de servilletas, dispensadores de jabón de manos, etc.

Para realizar este análisis se han agrupado las órdenes según las familias de las que contienen productos. Posteriormente se han colocado los grupos en orden descendente según la cantidad de órdenes que incluyen.

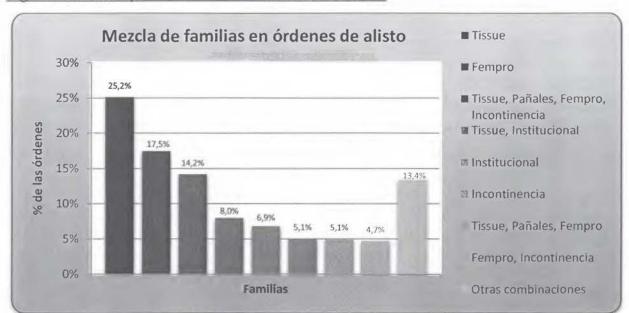


Figura 9: Mezcla por familias en las órdenes de alisto

Un 56,7 % de las órdenes corresponden a órdenes puras, mientras que el restante 43,3 % son combinaciones de dos o más familias. Este resultado no es concluyente pues no muestra una clara tendencia hacia un tipo de orden, más bien el aporte de ambos tipos de orden es similar.

Es muy importante tomar en cuenta un factor que no se contempla dentro de ese gráfico. La situación es muy distinta si se trata de órdenes que tienen tarimas completas de cada producto o si son tarimas fraccionadas. La razón es que si las órdenes son de tarimas completas entonces la ubicación relativa de los productos (la distancia que hay entre uno y otro) no es importante, pues después de alistar cada línea de la orden se debe de colocar la tarima en la zona de despacho, y posteriormente viajar hasta la ubicación del otro producto. En este caso lo importante es la ubicación absoluta del producto dentro del almacén (su posición con respecto a la zona de despacho), pues determina la distancia que se debe viajar para alistar ese producto, por ejemplo los productos tipo A se deben de colocar en las posiciones más cercanas a los andenes, de modo que se reduzcan las distancias recorridas.

Si por el contrario cada línea contiene menos bultos de los que conforman una tarima entonces la ubicación relativa de los productos sí es importante, pues se viaja de la ubicación de un producto a la ubicación del siguiente producto, y así sucesivamente hasta llenar la tarima en que se van colocando los productos. En este caso la zonificación por familias sí tendría sentido, pues permitiría reducir las distancias recorridas.

Para evaluar la conveniencia de una zonificación por familias en el CEDI es imprescindible la determinación de si las líneas de las órdenes corresponden a tarimas completas o fraccionadas, esto se hará más adelante en el perfil "Análisis de viajes según tarima completa o parcial".

2.3.3.1.2. Análisis de tarimas completas/parciales

Una de las principales características que se debe determinar de las órdenes, es si en la mayoría de los casos se piden tarimas completas o fracciones de tarimas. Esto es importante pues los sistemas de almacenamiento y de manejo de materiales que mejor funcionan para el alisto de tarimas completas no son los mismos que para el alisto de bultos. Si la mayor parte de las órdenes incluyen únicamente tarimas completas, o únicamente fracciones de tarimas, entonces se puede pensar en zonas separadas para el alisto de tarimas y para el alisto de bultos.

Para realizar este análisis se determinó el porcentaje de órdenes que incluían sólo tarimas completas, el porcentaje que se trataba de sólo fracciones de tarimas, y el porcentaje que tenía una combinación de las dos. Además se hizo el mismo análisis pero no en términos de órdenes, sino en términos de líneas.¹⁴

¹⁴ Por línea se entiende cada uno de los SKUs diferentes que contiene la orden, se le llama línea pues corresponde a un renglón de la orden de alisto o de la factura.

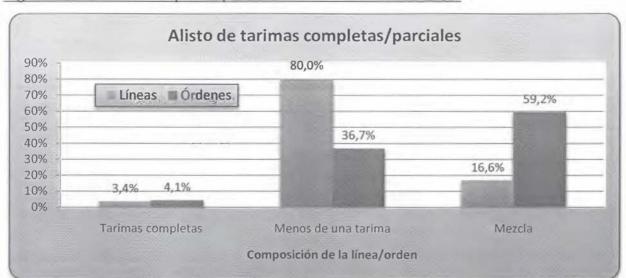


Figura 10: Tarimas completas/parciales en las órdenes de alisto

Al observar el gráfico se nota claramente que la mayor parte de las órdenes, un 59,2 %, incluyen una mezcla de tarimas completas y parciales. Esto significa que en términos de órdenes, no existe una marcada concentración en el alisto de tarimas completas o tarimas parciales (bultos), más bien la mayor parte de las órdenes tiende a requerir de ambos.

Por otro lado llama la atención que el 80,0 % de las líneas corresponden a menos de una tarima, lo que parece indicar que la mayor parte de la actividad de alisto se concentra en el alisto de bultos.

Sin embargo, este último hallazgo se debe de analizar con mucho cuidado, pues es necesario determinar cuál es el comportamiento de los viajes de alisto. Los viajes de alisto son un mejor indicador de la actividad de alisto que las líneas o las órdenes, pues por ejemplo una sola línea puede requerir de muchos viajes de alisto si se trata de una gran cantidad de bultos, mientras que en el otro extremo varias líneas se pueden alistar en un solo viaje de alisto si cada línea incluye pocos bultos. El esfuerzo y tiempo requeridos para alistar (que son dos de las variables más importantes de reducir) están más estrechamente relacionados con la cantidad de viajes de alisto que con la cantidad de líneas o de órdenes.

¹⁵ Ver definición de viaje de alisto en el glosario.

¹⁶ Ver en el anexo 7.1 una representación gráfica de los distintos tipos de viaje de alisto.

Debido a lo anterior, y al resultado del primer análisis, se hace necesario el análisis de la composición de los viajes de alisto en términos de si se transportan tarimas completas de un solo SKU o bultos de varios SKUs.

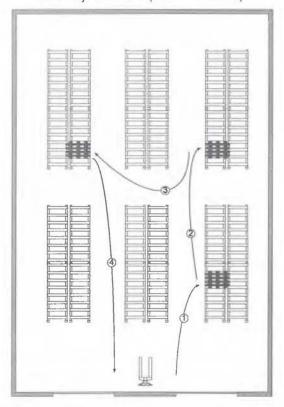
2.3.3.1.3. Análisis de los viajes de alisto según la cantidad de SKUs transportados

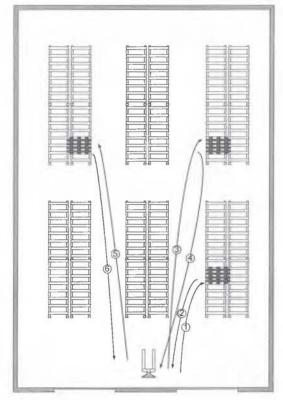
Mediante este análisis se pretende confirmar o refutar las conclusiones inicialmente obtenidas de los dos análisis anteriores.

Figura 11: Representación gráfica de distintos tipos de viaje de alisto

1. Alisto de múltiples (3) líneas en un solo viaje de alisto (alisto de bultos)

2. Un viaje de alisto por cada línea (alisto de tarimas completas)





Cuando se hace un viaje de alisto existen dos opciones:

 En el caso de que los bultos solicitados de determinado SKU sean menos de los que contiene una tarima, se debe de completar la tarima con bultos de otro producto, esto con el fin de aprovechar al máximo el viaje de alisto (alternativa 1 en la figura 11). Se transporta una tarima completa de un solo SKU debido a que la cantidad solicitada en la línea es igual o superior a la cantidad de bultos por tarima para ese SKU (alternativa 2 en la figura 11).

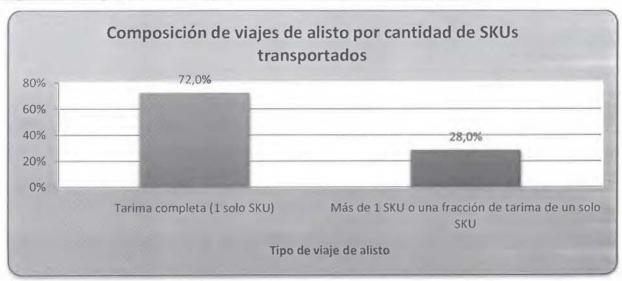
Suponiendo que cada tarima de producto contiene 50 bultos, en el primer caso se pidieron 15 bultos de cada uno de los 3 productos, mientras que en el segundo caso se pidieron 50 bultos de cada uno de los 3 productos. Los dos tipos de viaje de alisto son muy distintos, en el cuadro 6 se presentan algunas de las principales diferencias:

Cuadro 6: Tipos de viajes de alisto

Tipo de viaje de alisto	Importancia de la ubicación	Equipo para el manejo de materiales			
Tarima con bultos de varios SKUs	Es importante tanto la ubicación absoluta como la ubicación relativa del producto	Se trata del alisto de bultos, por lo que se debe de utilizar un equipo para el manejo de materiales que lo permita (tal como una carretilla)			
Tarima completa de un solo SKU	Sólo es importante la ubicación absoluta del producto	Se trata de un alisto de tarima completa, por lo que es mejor utilizar equipo para el manejo de materiales para tarimas (como el caso de un montacargas)			

Una vez que quedan claras las diferencias entre los dos tipos de viaje de alisto es importante conocer cómo se distribuyen los viajes de alisto que se hacen en el CEDI.

Figura 12: Viajes de alisto según la cantidad de SKUs transportados



Para la segunda clase se utiliza el término "Más de 1 SKU o una fracción de tarima de un solo SKU" pues si por ejemplo la última línea de una orden corresponde a la mitad de la tarima de un producto, entonces ese viaje debe ser exclusivamente para el alisto de esa media tarima (fracción de tarima de un solo SKU), a pesar de que quede espacio disponible para el alisto de más productos, pues no se deben combinar productos de varias órdenes.

En el gráfico se observa muy claramente que el 72,0 % de los viajes de alisto corresponden al traslado de una tarima que contiene un solo SKU. En vista de que la gran mayoría de la actividad de alisto se concentra en este tipo de viaje, se deben de cuestionar las conclusiones obtenidas en las dos secciones anteriores. En primera instancia la zonificación por familias no tendría un impacto tan significativo en la reducción de las distancias recorridas, pues en prácticamente tres cuartas partes de los viajes sólo importa la ubicación absoluta del producto dentro del almacén. Si a esto se le añade el hecho de que una zonificación por familia disminuye la densidad de almacenamiento la idea parece poco atractiva.

Se debe recordar que la zonificación reduce la densidad de almacenamiento en cualquier almacén que tenga una cantidad variable de producto de cada una de las categorías o familias de productos que se hayan definido. La zona se debe de diseñar para los requerimientos pico, por lo que el resto del tiempo quedan ubicaciones vacías, "La principal desventaja de este método (la zonificación) es que se puede crear mucho espacio subutilizado" (Ballou, 2004, p. 540).

Por otro lado es importante recalcar que a pesar de que un 80,0 % de las líneas de alisto corresponden a menos de una tarima de producto, la mayor parte de la actividad se concentra en el alisto de tarimas completas, como lo demuestra el hecho que un 72,0 % de los viajes de alisto corresponden a tarimas completas. Por tal razón es recomendable hacer la mayor parte del alisto utilizando equipo para el manejo de materiales diseñado para tarimas. Además por la concentración que hay en el alisto de tarimas completas se pueden definir zonas de alisto diferentes para tarimas completas y para bultos, implicando esto probablemente una ventaja mayor que las dificultades que conlleva.

2.3.3.1.4. Análisis de las fracciones de tarima solicitadas por línea

En este caso lo que se busca determinar es la porción de una tarima que típicamente se pide en una línea. Cuando se habla de la porción, se refiere a que si la tarima del producto x contiene 50 bultos y en la línea se solicitan 25 bultos, entonces se está pidiendo el 50 % de una tarima.

Los resultados esperados de este análisis es identificar si existen ciertas porciones de tarima que son muy populares, de modo que se puedan preparar tarimas con esas cantidades de manera previa y se facilite el proceso de alisto.

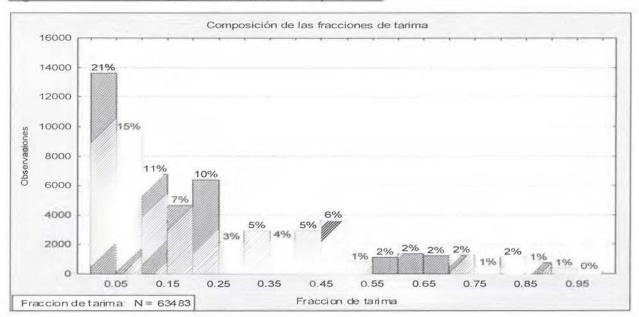


Figura 13: Fracciones de tarima solicitadas por línea

No existe un pico importante que indique la conveniencia de la preparación previa de medias tarimas o cuartos de tarima (o cualquier otra fracción de tarima). Más bien la mayor parte de las líneas corresponden a menos de un 20 % de tarima (un 54 % de las líneas caen dentro de esa categoría). Por lo tanto la preparación previa de tarimas con una fracción de los bultos que contiene originalmente una tarima no es eficiente, pues implica trabajo adicional y ocasiona una reducción en la densidad de almacenamiento. En ese caso es mejor que durante el proceso de alisto se alisten bultos y no tarimas.

2.3.3.1.5. Análisis de líneas por orden

Existen varias metodologías de alisto distintas que se pueden utilizar en un centro de distribución, la elección de cuál de ellas es la más adecuada debe de hacerse en función del tipo de órdenes que se alistan. Una de las principales características de una orden es la cantidad de líneas que contiene.

Es muy importante identificar si lo que se alistan son órdenes con muy pocas líneas, que son candidatas para ser alistadas mediante alisto por lote, o por el contrario son órdenes con gran cantidad de líneas que se prestan para utilizar un viaje de alisto dedicado a esa orden, o inclusive hacer alistos por zona y posteriormente consolidar la orden.



Figura 14: Líneas por orden en las órdenes de alisto

Es importante notar que el 55,5 % de las órdenes contienen 5 líneas o menos, dando la idea de que son órdenes pequeñas que se podrían alistar mediante alisto por lote, sin embargo es preciso determinar la cantidad de producto que esas líneas contienen. Con ese propósito se presenta un gráfico sobre la cantidad de tarimas por orden¹⁷ para las órdenes que contienen 5 líneas o menos.

¹⁷ Para calcular las tarimas por orden lo que se hizo fue dividir la cantidad de bultos en cada línea entre los bultos que lleva una tarima de ese SKU. Posteriormente se sumaron los resultados de cada línea.



Figura 15: Tarimas por orden en las órdenes de alisto con 5 líneas o menos

Únicamente un 34,2 % de las órdenes contienen menos de una tarima, lo que quiere decir que el otro 65,8 % de las órdenes requiere de por lo menos un viaje completo de alisto. Esto es un indicador importante de que los beneficios obtenidos de alistar varias órdenes simultáneamente (principalmente en distancia recorrida) pueden perderse debido al trabajo extra que significa la posterior separación de los bultos alistados según la orden a la que corresponden. Además de que se hace necesario el dedicar un área para esa labor, siendo el espacio uno de los recursos más preciados dentro del almacén.

2.3.3.1.6. Análisis de volumen por orden

El análisis de las líneas por orden es muy importante, sin embargo se debe de añadir el análisis del volumen por orden, pues la cantidad de producto que se debe de transportar de un punto a otro del almacén para el alisto de una orden es información vital a la hora de definir el equipo para el manejo de materiales a utilizar para el alisto.

Estos dos análisis son complementarios, pues las líneas por orden son un indicador de a cuántas ubicaciones debe de viajar el alistador, mientras que el volumen por orden va a decir qué tipo de equipo para el manejo de materiales es más recomendado, así como la cantidad de viajes que el alistador va a tener que hacer a la zona de despacho.

El gráfico que se presenta al final de la sección anterior en realidad trata sobre el volumen por orden de alisto, nada más que en ese caso sólo se tomaron en cuenta las órdenes con 5 líneas o menos, mientras que ahora el análisis comprende todas las órdenes, indistintamente de la cantidad de líneas que tengan.

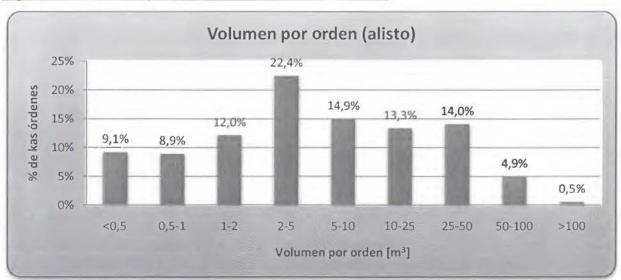


Figura 16: Volumen por orden en las órdenes de alisto

Reforzando lo visto anteriormente, en este gráfico se observa que el 70,0 % de las órdenes tienen un volumen cúbico superior a los 2 m³ (el volumen de las tarimas oscila entre 1,2 m³ y 2,0 m³ según el SKU del que se trate), es decir más de una tarima. Esto implica que sería más fácil alistar esas órdenes utilizando un equipo para el manejo de materiales para tarimas, tal como las carretillas o los montacargas. Si además se toma en cuenta lo visto anteriormente que el 72,0 % de los viajes de alisto son de tarimas completas de un solo SKU, va tomando fuerza la idea de utilizar un equipo para el manejo de materiales eficiente en el manejo de tarimas completas.

2.3.3.1.7. Análisis conjunto de volumen y líneas por orden

Es importante vincular los resultados de los dos análisis anteriores, de modo que se pueda observar la correlación que existe entre las líneas que contienen una orden y el volumen de la misma. Para dicho propósito se ha construido una matriz donde se clasifican las órdenes de acuerdo con estas dos variables.

Figura 17: Análisis conjunto de volumen y líneas por orden (Alisto)

	1519		1		Volum	en poi	order	1				
		0,5	1	2	5	10	25	50	100	180	Total	% de órdenes
1239	1	529	404	342	371	294	170	102	43	4	2259	21,5%
	31	224	291	399	449	150	160	206	11	0	1890	18,0%
	5	120	110	195	356	148	93	193	39	0	1254	11,9%
=	7	43	43	89	201	138	71	39	24	11	659	6,3%
Líneas por orden	10	24	44	78	196	126	88	57	1	1	615	5,9%
or o	15	17	21	53	297	251	153	79	2	0	873	8,3%
asp	20	. 1	9	21	102	130	98	40	15	0	416	4,0%
ine	25	0	5	30	114	127	124	102	38	0	540	5,1%
-	30	0	2	27	116	87	89	58	37	3	419	4,0%
1	35	0	7	22	82	44	74	54	16	1	294	2,8%
	40	0	0	7	40	24	75	58	13	1	218	2,1%
	100	0	0	2	26	50	201	484	278	30	1071	10,2%
	Total	958	930	1265	2350	1569	1396	1472	517	51	10508	100,0%
	% de órdenes	9,1%	8,9%	12,0%	22,4%	14,9%	13,3%	14,0%	4,9%	0,5%	100,0%	

Para construir la matriz se han dividido tanto las líneas por orden como el volumen por orden en rangos, en los encabezados de las filas y de las columnas se muestran los límites superiores de cada rango, y el límite inferior corresponde al límite superior del rango anterior. Por ejemplo la tercera fila incluye aquellas órdenes que tienen 4 ó 5 líneas, mientras que la cuarta columna agrupa las órdenes que tienen un volumen mayor a 2 m³ pero menor o igual que 5 m³.

En cada casilla se indica el número de órdenes que corresponden a la intersección de esa fila y esa columna, es decir que contienen el número de líneas correspondientes a esa fila y el volumen cúbico señalado por esa columna. Por ejemplo hay 150 órdenes (de un total de 10 508 analizadas) que tienen 2 ó 3 líneas y un volumen cúbico mayor a 5 m³ pero menor o igual que 10 m³.

Se ha aplicado un formato condicional tipo semáforo a las celdas, conforme una mayor cantidad de órdenes corresponden a esa casilla el color es rojo, por el contrario las celdas que tienen muy pocas o ninguna orden están coloreadas en verde.

Como era de esperarse existe una correlación positiva entre ambas variables, a medida que aumenta la cantidad de líneas que tiene una orden, también aumenta su volumen, de ahí que las principales zonas rojas (zonas de gran actividad) se ubican en la esquina superior izquierda y en la inferior derecha, que corresponden a pocas líneas y poco volumen, y muchas líneas y mucho volumen respectivamente. En términos de valores las zonas rojas son las órdenes que tienen 3 líneas o menos y menos de 10 m³, y las que tienen más de 40 líneas y un volumen superior a los 10 m³. También hay una zona amarilla interesante hacia la región central de la matriz, lo que es señal de que existe variabilidad entre las combinaciones de líneas-volumen de las órdenes que se alistan.

Los resultados de esta matriz son los que en buena medida determinan si el alisto se debe hacer por lote de órdenes, por orden individual, por zonas, o se debe utilizar alguna otra metodología. Cada uno de estos modelos de alisto se utiliza en circunstancias diferentes, sin embargo todos excepto el alisto por orden se recomiendan cuando se trata de alisto de bultos, y no de tarimas completas.

En el centro de distribución de Grupo Servica la mayor parte del alisto corresponde a órdenes que tienen un volumen de varias tarimas. Para el alisto de ese perfil de orden lo recomendado es la utilización de equipos para el manejo de materiales para tarimas, y que en la medida de lo posible sean rápidos y ágiles, tal como el caso de un montacargas, un apilador o una carretilla hombre a bordo.

Debido a que en la matriz las dos zonas rojas están en esquinas opuestas, es muy importante considerar la posibilidad de separar las áreas de alisto de bultos y de tarimas, de modo que se eviten accidentes y que los montacargas o el equipo que se vaya a utilizar pueda viajar más rápido sin que haya personal obstaculizando el paso. Además de que obviamente las condiciones necesarias para una zona de alisto de tarimas son muy distintas que en el caso del alisto de bultos.

También se podría tomar en cuenta la utilización del alisto por lotes o algo similar para el 18,0 % de las órdenes que contienen menos de 1 m³, sin embargo solo un 2,7 % de los bultos alistados en los viajes de alisto de fracciones de tarima corresponden a órdenes donde la parte de la orden que corresponde a fracciones de tarimas es menos de media tarima, y solo un 0,8 % corresponden a fracciones de tarima de menos del 30 % de una tarima. Esto es importante porque si se va a hacer alisto por lotes es necesario que cada una de las órdenes que se alistan sean pequeñas, de modo que quepan los bultos de varias órdenes en un solo viaje de alisto.

Con base en esto se concluye que el alisto por lotes parece ser una alternativa difícil de implementar, pues la cantidad de bultos que serían candidatos para ser alistados de esa manera es sumamente baja, por lo que no se compensa las dificultades que tal tipo de alisto conlleva, como la selección de cuales órdenes se deben agrupar en un lote, o la posterior separación de los bultos de acuerdo con la orden a la que pertenecen.

2.3.3.2. Perfil de recepción

El perfil de recepción viene a ser algo muy similar al perfil de alisto, con la diferencia de que en este caso el flujo de producto es "hacia adentro" del almacén, mientras que en el alisto el flujo es "hacia afuera".

En este perfil el objetivo es identificar las tendencias que existen en las órdenes de producto que se reciben, de modo que posteriormente se pueda establecer una manera recomendada de operar, que tome en cuenta estas características. Esto incluye el equipo para el manejo de materiales, los sistemas de almacenamiento, los procesos, entre otras cosas.

Para realizar este perfil se han utilizados los datos de recepción del periodo comprendido entre febrero de 2008 y mayo de 2009. El periodo analizado en este perfil corresponde a la información que la empresa tuvo posibilidad de facilitar en el momento de su realización.

2.3.3.2.1. Análisis de mezcla por familias

Como ya se ha visto anteriormente, en este análisis lo que se pretende identificar es si las órdenes tienden a contener productos de una sola familia, o por el contrario son la combinación de productos de varias familias. Los resultados obtenidos se pueden utilizar para tomar decisiones sobre zonificación por familia dentro del almacén. En el siguiente gráfico se presenta la distribución de las órdenes recibidas de acuerdo con las familias de productos que contienen.



Figura 18: Mezcla por familias en las órdenes de recepción

En este caso la distribución es muy distinta que para las órdenes de alisto, el 97,5 % de las órdenes que se reciben contienen productos de únicamente una familia. Como ya se ha explicado anteriormente este resultado sugiere la idea de zonificar por familias, sin embargo nuevamente es necesario hacer la observación que se hizo al analizar las órdenes de alisto, es imprescindible determinar si los viajes de recepción ¹⁸ corresponden a tarimas de un solo producto, o tarimas que contienen bultos de varios productos.

En el caso de que la tarima sea completa de un solo producto únicamente es importante la ubicación absoluta del producto, pues el viaje es desde la zona de recepción a la ubicación del producto y de vuelta, mientras que si la tarima lleva bultos

_

¹⁸ Ver definición de viaje de recepción en el glosario.

de varios productos en ese caso es necesario ir de la zona de recepción a varias ubicaciones a dejar bultos antes de regresar a la zona de recepción. En este último caso sí es importante la ubicación relativa de los productos, por lo que se obtendrían ventajas al tener una zonificación por familias.

A partir de lo anterior se concluye que para definir algo sobre la conveniencia o no de la zonificación por familias es necesario conocer la distribución de los viajes de recepción según la cantidad de SKUs transportados.

2.3.3.2.2. Análisis de los viajes de recepción según la cantidad de SKUs transportados

En este análisis aplican exactamente igual los conceptos explicados en el perfil de alisto, lo único que varía es la dirección del flujo del producto. 19 De ahí que sea tan importante determinar cuáles son los viajes predominantes durante las labores de recepción.



Figura 19: Viajes de recepción según la cantidad de SKUs transportados

Es muy claro el resultado, el 95,6 % de los viajes de recepción corresponden al transporte de tarimas de un solo SKU, de modo que el equipo para el manejo de materiales debe ser ágil en el manejo de tarimas.

¹⁹ Observar descripción de los tipos de viajes de alisto (en este caso viajes de recepción) en el Cuadro 6.

Es importante señalar que este cálculo se hizo bajo el supuesto de que sólo se puede transportar una tarima por viaje, pero ciertos equipos para el manejo de tarimas, tal como el montacargas, tienen la posibilidad de transportar dos tarimas, una sobre la otra. Esto sólo se puede realizar con un equipo que tenga un alcance vertical suficiente para bajar la tarima de encima, por ejemplo no se puede hacer con una carretilla hidráulica o eléctrica, por lo que usar un equipo para el manejo de tarimas no sólo implica una mayor velocidad en el transporte del producto, sino que permite realizar una cantidad menor de viajes.

Con base en estos resultados se puede deducir que el equipo para el manejo de materiales usado para la colocación del producto recibido en su respectiva ubicación dentro del almacén (putaway) debe de estar diseñado para el manejo de tarimas, y debe poder transportar dos tarimas simultáneamente. También se puede concluir, en lo que al proceso de recepción respecta, que la ubicación relativa de los productos es de poca importancia, más bien es la ubicación absoluta la que es importante, por lo que la zonificación por familias no brindaría ahorros importantes en los recorridos.

Debido a que hay una concentración tan marcada hacia la recepción de tarimas completas no se ha considerado necesario desarrollar los análisis de "Tarimas completas/parciales" y "Fracciones de tarimas solicitadas por líneas" que se usaron en el caso del alisto. Debido a que con el análisis de viajes de recepción se demostró que menos del 5 % de los viajes de recepción son de tarimas parciales, eso es suficiente para afirmar que la actividad de recepción está totalmente concentrada en el manejo de tarimas completas, sin necesidad de realizar los dos perfiles mencionados anteriormente.

2.3.3.2.3. Análisis de líneas por orden

Al igual que en el alisto, hay distintas metodologías que se pueden utilizar para hacer el putaway dentro de un almacén; por ejemplo se puede hacer por lotes, por zonas y por orden. La manera en que se hace debe de ir de acuerdo con el tipo de órdenes que se reciben, de ahí la importancia de caracterizar la recepción del centro de distribución.

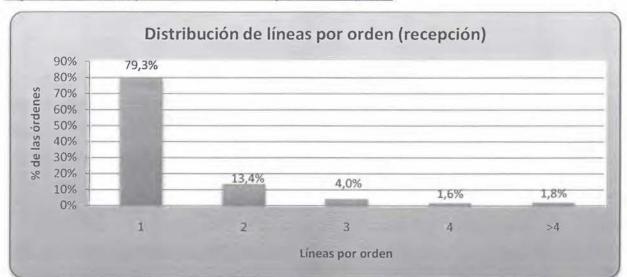


Figura 20: Líneas por orden en los viajes de recepción

Un 79,3 % de las órdenes contienen una sola línea, es decir se trata de un solo producto, lo cual es consistente con el hecho de que la gran mayoría de los viajes de recepción son tarimas de un solo SKU. Otro 13,4 % de las órdenes contienen dos productos, por lo que se puede decir que la tendencia es hacia órdenes dedicadas a un solo producto, o a muy pocos.

Esta característica de las órdenes de recepción debe de ser analizada conjuntamente con el volumen de las órdenes para determinar la metodología de *putaway* que mejor se ajusta a estas condiciones.

2.3.3.2.4. Análisis de volumen por orden

El equipo para el manejo de materiales que se debe de utilizar para el *putaway* es en buena medida determinado por la distribución del volumen de las órdenes de recepción. Si las órdenes suelen contener volúmenes importantes de producto entonces se deben de usar equipos de una mayor capacidad, mientras que si se trata de pocos bultos por orden, entonces quizás no amerite la utilización de equipos de mayor capacidad y mayor costo.

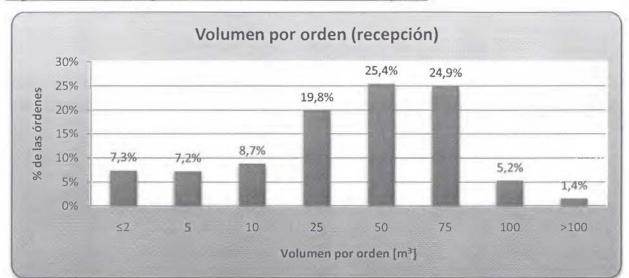


Figura 21: Volumen por orden en las órdenes de recepción

En este caso un 85,5 % de las órdenes de recepción contienen un volumen superior a los 5 m³, es decir que tienen por lo menos 3 tarimas de producto, y un 76,8 % de las órdenes tienen más de 10 m³. Al tomar en cuenta este resultado, y la distribución de líneas por orden, es claro que en la mayor parte de las órdenes de recepción se trata de un volumen considerable de un solo tipo de producto, esto indica que la mejor manera de hacer la recepción es por orden, no por zona ni por lote, y que se debe de hacer con equipo para el manejo de tarimas, de manera que permita una mayor eficiencia en este proceso.

2.3.3.2.5. Análisis conjunto de volumen y líneas por orden

Como se hizo en el caso de las órdenes de alisto, en esta sección se vinculan los dos resultados obtenidos anteriormente, la distribución de las líneas por orden y la distribución del volumen por orden. Se ha construido una matriz utilizando la misma metodología, se ha aplicado un formato condicional a la matriz, de modo que las zonas donde se concentran la mayor parte de las órdenes están coloreadas en rojo, mientras que donde hay pocas órdenes están en color verde.

Figura 22: Análisis conjunto de volumen y líneas por orden (Recepción)

			0.00								
		2	5	10	25	50	75	100	507	Total	% de órdenes
Líneas por orden	1	227	220	258	563	686	689	136	45	3118	79,3%
	2	22	30	42	94	154	126	35	5	527	13,4%
	3	11	6	11	34	39	38	8	2	156	4,0%
	4	0	2	4	17	14	20	4	0	61	1,6%
	100	5	1	0	9	24	27	5	0	71	1,8%
	Total	265	259	315	717	917	900	188	52	3933	100,0%
	% de órdenes	6,7%	6,6%	8,0%	18,2%	23,3%	22,9%	4,8%	1,3%	100,0%	

A diferencia del caso de alisto, aquí no existe una correlación entre la cantidad de líneas de la orden y el volumen de la misma, más bien la mayor parte de las órdenes (un 70,7 %) contienen una sola línea y entre 0 y 100 m³. De ahí que la zona roja sea la fila superior en su parte central, allí donde se concentra la mayor parte de la actividad. Además es claro el hecho que las órdenes de recepción son dedicadas a uno o dos productos, en un 92,7 % de los casos las órdenes tienen esta cantidad de líneas.

Por otro lado cabe señalar que las órdenes que contienen una cantidad mayor de líneas (3 o más) no son las órdenes que tienen un mayor volumen, de hecho no hay ninguna orden de más de 3 líneas con un volumen superior a los 100 m³, lo que demuestra que las órdenes de más líneas contienen variedad de productos, pero cantidades moderadas de cada uno de esos productos, por eso las órdenes con 3 líneas o más tienden a tener volúmenes de entre 10 m³ y 75 m³.

Este resultado viene a confirmar lo concluido anteriormente sobre la metodología de putaway que se debe de utilizar y el equipo para el manejo de materiales más adecuado para hacerlo.

2.3.3.3. Perfil de actividad

Cuando se habla de perfiles de actividad se refiere a la actividad en el alisto que tienen los productos que se manejan en el CEDI, esto incluye:

- La frecuencia con la que se mueve cada uno de ellos
- Qué volumen se mueve en promedio
- La variabilidad del movimiento diario

En la mayor parte de de los centros de distribución la actividad de los diferentes SKUs se comporta en mayor o menor media de acuerdo con el principio de Pareto, el cual aplicado a un centro de distribución establece que una pequeña porción del total de SKUs concentra la mayor parte del movimiento de alisto que se lleva a cabo dentro del almacén.

En este punto es importante aclarar cuál variable se ha utilizado para medir la actividad. Existen varias formas en que se puede medir la actividad, algunas de las medidas más comunes son:

- En términos monetarios
- En términos de bultos
- En términos de líneas
- En términos de metros cúbicos de producto

Para esta investigación se ha determinado que una sola medida no es suficiente, por lo que se deben de usar varias, se han elegido la cantidad de líneas y de metros cúbicos, pues se considera que son las que permiten visualizar de una manera más acertada la cantidad de trabajo de alisto que corresponde a cada producto.

Los principales objetivos de este perfil son los que se refieren al acomodo de la bodega, que toma en cuenta aspectos como la zonificación de la misma, el tipo de sistema de almacenamiento que se debe de utilizar para cada producto, la cantidad de posiciones que se le deben de asignar a cada producto y la ubicación dentro de su área del almacén (por ejemplo en un rack si se pone en el primer nivel o en el nivel superior).

Para realizar este perfil se utilizaron los mismos datos que para el perfil de alisto (junio de 2007 a mayo de 2009).

2.3.3.1. Análisis de popularidad por artículo

En este apartado se analiza la cantidad de líneas que corresponden a cada producto, es decir, la cantidad de veces que un producto fue solicitado. Es importante hacer algunas observaciones sobre el análisis.

- Las líneas son una buena medida de popularidad pues indican la cantidad de veces que se debió alistar de ese producto.
- El énfasis del análisis no es sobre los códigos específicos que tienen la mayor cantidad de líneas, sino para ver si existe una diferencia marcada entre la popularidad de algunos artículos respecto a otros. La idea detrás de esto es que dependiendo de la popularidad del artículo, así debe de ser el sistema de almacenamiento utilizado para ese producto, de modo que si se descubre que hay mucha diferencia entre la popularidad de los artículos, entonces se debe de pensar en sistemas de almacenamiento distintos para las diferentes clases de productos.
- Es importante aclarar que en este apartado los sistemas de almacenamiento se consideran desde el punto de vista de la productividad en el alisto, y no de la densidad de almacenamiento,²⁰ eso se tomará en cuenta más adelante en el perfil de inventario.
- Para hacer este análisis lo que se ha utilizado es una distribución de líneas acumuladas. Se han ordenado los SKUs en orden descendente según la cantidad de líneas que correspondían a cada uno, y posteriormente se ha graficado el resultado acumulado.

²⁰ Por ejemplo un *drive-in* rack permite una densidad de almacenamiento mayor que el rack selectivo, pero la productividad de alisto es menor pues el montacargas debe de entrar con mucho cuidado al rack para que las llantas se alineen en el riel, además al viajar dentro del rack lo debe de hacer muy despacio.

Figura 23: Popularidad por artículo



Lo que se busca encontrar aquí son puntos de inflexión que permitan agrupar los SKUs en clases de acuerdo con su popularidad, y por lo tanto asignarlos a distintos sistemas de almacenamiento. Obviamente no es lo mismo un producto que se solicita 100 veces por día, que uno que se pide únicamente 5. La productividad en el alisto del primero se debe de procurar que sea mayor.

En el gráfico uno de los principales puntos de inflexión se encuentra en el 30 % de los SKUs que acaparan un 74,8 % de las líneas, estos productos se podrían clasificar como tipo A en términos de popularidad. El otro punto de inflexión importante es en el 50 % de los SKUs pues aquí se incluyen el 95 % de las líneas, por lo que los SKUs que está entre 10 % y el 30 % podrían ser los productos tipo B. Un claro ejemplo de un producto A es el "Papel higiénico Nevax de 1000 hojas 12 x 4" (el 12 significa la cantidad de paquetes que contiene, y el 4 es la cantidad de rollos de papel por paquete, por lo tanto cada bulto de este código contiene 48 rollos de papel), este es el producto más popular dentro del CEDI pues le corresponde un 2,5 % de todas las líneas alistadas.

"Los productos tipo A deben de ser colocados en sistemas de almacenamiento que tengan una alta productividad (como el caso de los *flow* racks o inclusive el almacenamiento en bloque), los productos tipo B en sistemas con una productividad moderada, mientras que para los productos tipo C en sistemas de alisto manual que

permitan una elevada densidad de almacenamiento. Además los puntos de inflexión pueden sugerir la colocación de los productos dentro de cada sistema de almacenamiento, los productos A deben de ubicarse en la zona dorada (las posiciones más accesibles y que su alisto requiera el menor desplazamiento y el menor esfuerzo), los productos B en la zona plateada (las posiciones más accesibles sin tomar en cuenta la zona dorada), y los productos C en los demás espacios disponibles" (Frazelle, 2002b, p. 31).

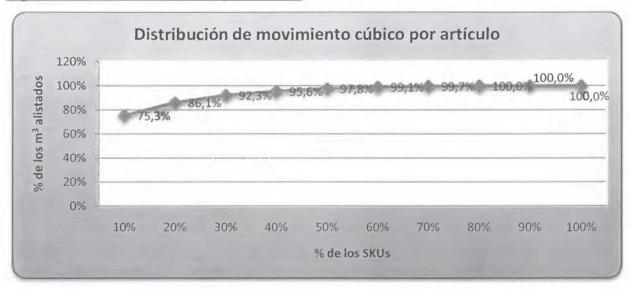
2.3.3.3.2. Análisis de movimiento cúbico por artículo

El análisis del movimiento cúbico es el complemento del análisis de líneas por artículo, pues como se expuso anteriormente uno solo de estos parámetros no es suficiente para caracterizar la actividad de un producto. Este análisis es inclusive más importante que el anterior, pues la cantidad de actividad que requiere un SKU está más relacionado con la cantidad de volumen que se mueve de ese producto que con la cantidad de líneas que se alistan de ese producto. Los dos son importantes, porque si se usara sólo el análisis de movimiento cúbico se pasarían por alto productos de los cuales las líneas contienen pocos bultos, o tienen un tamaño muy reducido, pero de los cuales hay muchas líneas por lo que se deben de alistar muy frecuentemente. Al utilizar la combinación de los dos análisis es posible identificar todas esas situaciones.

Este análisis también se debe de tomar en cuenta para la selección de los sistemas de almacenamiento utilizados para cada SKU, porque si por ejemplo un libro y una cocina tienen la misma cantidad de líneas caerían dentro de la misma categoría en el análisis de popularidad, pero obviamente se deben de almacenar de manera diferente por el movimiento cúbico que tiene cada uno de ellos.

Aquí nuevamente la idea es encontrar puntos de inflexión que permitan categorizar los productos.

Figura 24: Movimiento cúbico por artículo



Ahora la concentración de la actividad en unos pocos SKUs es aún más clara que en la sección anterior, un 75,3 % de los metros cúbicos de producto alistados corresponden a únicamente un 10 % de los SKUs, por lo tanto estos productos se clasifican como tipo A en términos del movimiento cúbico. El siguiente punto de inflexión se encuentra en el 30 % de los SKUs, pues entre ellos agrupan más del 90 % del volumen alistado, por lo tanto aquellos productos que estén entre el 10 % y el 30 % son los que se pueden considerar como tipo B.

Al existir una concentración tan grande del movimiento cúbico en unos pocos productos es muy claro que no se puede utilizar un mismo sistema de almacenamiento para todos los productos. Por ejemplo el "Papel higiénico Nevax de 1000 hojas 12 x 4" (que nuevamente es el número uno, y ahora representa un 17,2 % del volumen total alistado en el CEDI) no se debe de asignar al mismo sistema de almacenamiento que un producto como los pañales "Tessy Babies Plus tamaño mediano 8 x 12" (8 paquetes por bulto, 12 pañales por paquete) que sólo representan un 0,4 % del total de m³ alistados en el CEDI.

La totalidad de los SKUs que caen dentro de la categoría A son excelentes candidatos para un sistema como el *flow* rack o almacenamiento en bloque, mientras que los productos tipo C pueden ser almacenados en sistemas que permiten una baja productividad, como es el caso del *drive-in* rack.

También es muy importante que aquellos productos que tienen un elevado movimiento cúbico sean colocados en las ubicaciones que se encuentren más cercanas a los andenes, mientras que aquellos productos de los cuales se tiene un menor movimiento se pueden colocar en zonas más alejadas. De esta manera los movimientos más frecuentes son más cortos que aquellos transportes que solo se realizan esporádicamente, por lo que se logra una reducción en la distancia total recorrida.

2.3.3.3. Análisis conjunto de popularidad y movimiento cúbico

Después de realizar los análisis de manera independiente, el siguiente paso es el análisis conjunto de ambas variables. Con este análisis conjunto se pueden tomar las mejores decisiones respecto al acomodo de la bodega, tanto en términos de qué sistemas de almacenamiento asignar a cada producto, así como la ubicación de los distintos productos dentro de su respectivo sistema de almacenamiento. La justificación e importancia de este análisis ya se ha detallado en las secciones anteriores.

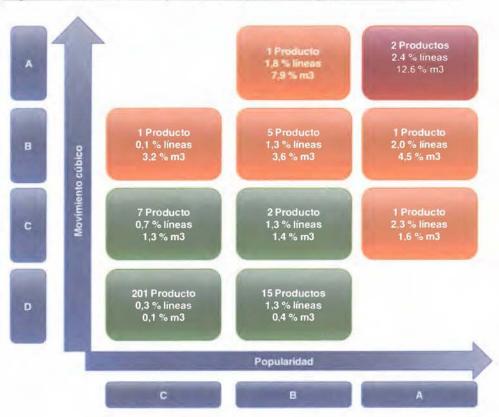


Figura 25: Análisis conjunto de popularidad y movimiento cúbico

En este caso lo que se hizo fue una distribución conjunta de popularidad y movimiento cúbico para eso en el gráfico el eje horizontal corresponde a la popularidad del producto, mientras que el eje vertical corresponde al movimiento cúbico. Los productos se han agrupado según su ubicación relativa dentro del gráfico, en el rectángulo de cada categoría se ha puesto la cantidad de SKUs que caen dentro de esa categoría, la fracción de las líneas alistadas que en promedio le corresponde a cada uno de esos productos, y la fracción de metros cúbicos que en promedio le corresponde a cada uno de esos productos. Se dice en promedio porque lo que se ha hecho es sumar el porcentaje de cada uno de los SKUs que están dentro de esa categoria, y luego dividirlo entre el número de productos que pertenecen a la categoría. Por ejemplo en los productos BB la participación en el volumen de cada uno de los 5 productos es 4,0; 4,0; 3,9; 3,2 y 2,8; al sumarlos da 17,9 % y al dividirlo entre 5 da 3,6 % por lo que ese es el valor que se ha puesto en el gráfico, por ser el promedio de los SKUs que pertenecen a esa categoría. Se ha hecho de esta manera pues facilita el análisis comparativo entre los rectángulos, pues si nada más se pone el porcentaje que corresponde al rectángulo ese valor es función de la cantidad de productos que pertenecen a la categoría, por lo que no es posible la comparación entre categorías con diferente cantidad de productos.

Aquellos productos que tienen una alta popularidad y alto movimiento cúbico son los productos AA, a ellos corresponde el rectángulo rojo, son únicamente dos productos, "Papel higiénico Nevax de 1000 hojas 12 x 4" y "Papel higiénico Nevax de 1000 hojas 6 x 6", entre ellos representan el 4,8 % de las líneas de alisto que se reciben y el 25,2 % de los m³ de producto que se alistan. Otras categorías que también son de gran importancia son aquellas que están coloreadas en anaranjado, pues son relevantes ya sea desde el punto de vista de popularidad, de movimiento cúbico o de ambos. Mientras tanto los rectángulos verdes comprenden aquellos productos que se pueden considerar como tipo C, por tener una importancia menor dentro de las actividades de alisto.

En el gráfico se puede observar que existe una gran concentración de la actividad de alisto en unos pocos productos, entre los rectángulos rojos y anaranjados comprenden el 17,5 % de las líneas alistadas, y el 60,4 % de los m³ de producto alistados, a pesar

de que se trata de sólo un 4,7 % de los SKUs activos. Esto es una clara indicación de que esos productos deben de ser manejados de una manera distinta que el resto de los productos, deben de asignarse a sistemas de almacenamiento que permitan una gran productividad, y debido a que el movimiento cúbico es significativo (de esos productos el que tiene un menor movimiento cúbico es de aproximadamente 3 tarimas por día) deben ser sistemas para el almacenamiento de tarimas. Además deben de ser colocados en las áreas más cercanas a los andenes, de modo que se reduzcan las distancias recorridas tanto durante el *putaway* como durante el alisto, "El objetivo principal es asignar los ítems más populares a las ubicaciones más accesibles dentro del almacén" (Frazelle, 2002b, p. 31).

Un análisis adicional que se podría considerar importante es determinar si las tarimas que se alistan de los productos tipo A y tipo B se alistan por tarima o por bulto. La razón de lo anterior es que eso determina si el sistema de almacenamiento desde el que se alista debe de ser para tarimas o para bultos. Si por ejemplo, de un producto se alistan 10 tarimas por día, pero cada vez se alistan 5 bultos (suponiendo que una tarima contiene 50 bultos), entonces el alisto se debe de hacer desde una zona de alisto de bultos y no de alisto de tarimas. Sin embargo desde el punto de vista de la selección del sistema de almacenamiento de tarimas eso no es importante, pues aunque se aliste en bultos se deben de extraer las tarimas para reabastecer el área de alisto de bultos. De modo que indistintamente de si el producto se mueve hacia el área de despacho o hacia el área de alisto de bultos, el movimiento es el mismo, y por eso el sistema de almacenamiento debe de permitir una alta productividad.

Por otro lado es importante notar que un 85,2 % de los SKUs activos se clasifican como C en términos de popularidad y D en términos de movimiento cúbico, la categoría de menor popularidad y menor movimiento cúbico. Esto demuestra que existe una marcada polarización de la actividad de alisto, por lo que las metodologías de alisto utilizadas, y los sistemas de alisto elegidos deben de ser congruentes con este hecho; hay unos pocos productos que requieren una alta eficiencia en su alisto pues tienen un nivel de movimiento muy superior que el del resto de los productos almacenados en el CEDI.

La clasificación de los productos obtenida del análisis conjunto de popularidad y movimiento cúbico también debe ser utilizada para la ubicación de cada producto dentro del sistema de almacenamiento al que haya sido asignado. Aquellos con la mayor cantidad de movimiento cúbico deben de ser ubicados en las zonas de más fácil acceso, es decir las que estén más cerca de la zona de despacho y estén en los niveles inferiores de los racks en caso de que se usen racks.

2.3.3.4. Análisis de variabilidad de la demanda diaria

Cuando se va a decidir cuántas ubicaciones asignar en el área de alisto para un producto específico se debe de tener claro cuáles son las políticas de reabastecimiento que se quieren manejar, y cuál es la variabilidad de la demanda diaria de ese producto.

La variabilidad de la demanda diaria es importante, pues si no se toma en cuenta y se planifica utilizando el promedio entonces la mitad de los días se va a tener un exceso de producto en el área de alisto y la mitad de los días va a hacer falta producto (suponiendo una distribución de probabilidad simétrica) en el área de alisto, por lo que va a ser necesario reabastecer más frecuentemente de lo planificado.

En este análisis se determina la variabilidad en la demanda diaria para cada uno de los veinte productos con un mayor movimiento cúbico, de modo que se pueda comparar el comportamiento de cada uno, así como utilizarlo de insumo en un eventual rediseño del área de alisto.

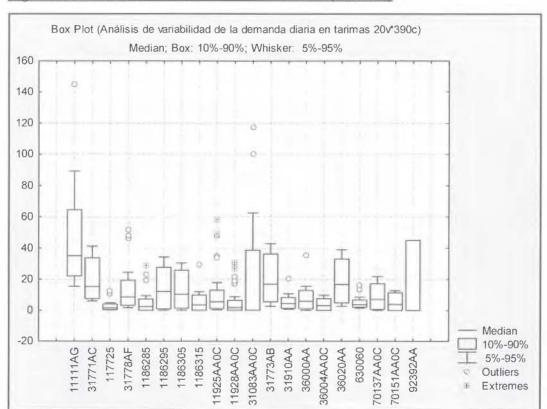


Figura 26: Variabilidad de la demanda diaria (tarimas)

En el gráfico lo que se muestra es la mediana así como los percentiles 10-90 y 5-95 según la leyenda que se puede observar en el gráfico. Claramente la variabilidad no es la misma para todos los productos, los que tienen una mayor variabilidad son los códigos 11111AG y 31083AA0C, para estos dos productos vale recalcar la gran diferencia existente entre el percentil 90 y el percentil 95.

En el caso de los productos con una mayor diferencia entre el percentil 90 y 95 sería conveniente asignar espacio en el área de alisto suficiente para cubrir la demanda esperada en un porcentaje menor de las ocasiones que en el caso de los productos con una menor diferencia entre estos percentiles. Esto pues el costo de oportunidad de aumentar la tasa de llenado desde el área de alisto para estos productos es muy alta, por ejemplo un aumento de un 1 % para los dos productos mencionados en el párrafo anterior requiere de 3 y 4 tarimas respectivamente, mientras que 4 tarimas representan un incremento de más del 5 % en la tasa de llenado de 11 de los 20 productos analizados. Por lo tanto es posible reducir la cantidad de reabastecimientos

extraordinarios al cubrir un porcentaje menor de los productos con una mayor variabilidad, y un mayor porcentaje de los productos con menor variabilidad.

Además para reducir las distancias recorridas las ubicaciones del área de alisto suelen estar en las posiciones más cercanas a la zona de despacho, por lo que al asignarlas a productos con una menor variabilidad en su demanda diaria es más probable que se aliste producto desde esa ubicación todos los días, por lo que se aprovecha más veces la cercanía de esa ubicación al área de despacho, y por lo tanto se reducen las distancias recorridas.

Si en el CEDI hubieran suficientes ubicaciones de alisto para que a cada producto se le asignara una cantidad de ubicaciones que asegurara que no fuera necesario reabastecer más de una vez por día, entonces este análisis no sería de mucho valor, sin embargo esa no es la realidad, y por lo tanto se deben de asignar las escasas ubicaciones a los productos que más las necesiten, buscando al final reducir los costos totales de operación. Por otro lado cabe indicar que para evaluar si se cumple con la política de reabastecimiento fijada es preciso que exista tal política, sin embargo en el caso de Grupo Servica esta nunca se ha establecido.

Para tener certeza que la variabilidad en la demanda de cada producto se ha mantenido estable en el tiempo, y por lo tanto es un valor confiable para usar como referencia, se hicieron gráficos de dispersión de la demanda diaria de cada producto en los últimos dos años, con estos se comprobó que efectivamente la variabilidad se ha mantenido estable durante este periodo de tiempo.

Frazelle sugiere dos análisis más como parte del perfil de actividad, "Distribución de ítems que completan órdenes" y "Distribución de correlación de la demanda" (2002b, pp. 34-35), estos no se han realizado pues corresponden al análisis de operaciones donde el alisto se centra en el alisto de bultos pequeños, de modo que se alistan varias líneas en un solo viaje de alisto. Como ya se ha demostrado a lo largo de las secciones anteriores este no es el caso de Grupo Servica, por lo que se han obviado estos análisis.

2.3.3.4. Perfil de inventario

Los análisis que componen este perfil tienen distintos objetivos, por un lado se busca establecer si de los productos que se mantienen en inventario se tienen las cantidades correctas, y por otro lado se quiere determinar si los sistemas de almacenamiento utilizados son los correctos al tomar en cuenta la cantidad de producto que se maneja de cada uno de los códigos.

2.3.3.4.1. Análisis comparativo entre inventario y ventas por familia

Uno de los errores más comunes en los que caen las empresas es en tener un exceso de inventario de los productos tipo C (en términos de unidades vendidas u otra medida de popularidad), y muy poco de los productos tipo A. Esto va en detrimento de la rentabilidad del negocio, pues la rotación del inventario es menor, el tiempo de recuperación del dinero es mayor, hay más probabilidad de ventas perdidas por escasez de productos tipo A, mayores niveles de desperdicio del inventario por obsolescencia, daño físico, robo, etc.

La idea es que los niveles de inventario de cada familia deben de seguir un comportamiento similar a los niveles de ventas de cada una de esas familias. Para determinar si la relación es la correcta es conveniente graficar de manera conjunta las ventas y los niveles de inventario de cada familia.

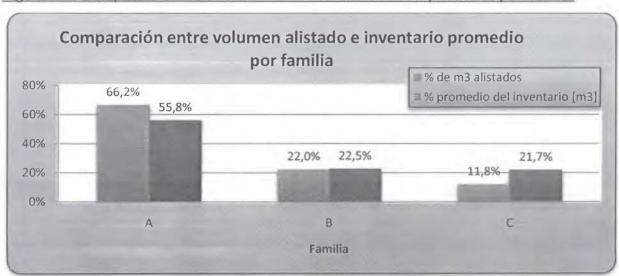


Figura 27: Comparativo entre volumen alistado e inventario promedio por familia

En este caso la comparación se ha hecho en términos porcentuales, es decir para cada familia se ha determinado qué porcentaje de los metros cúbicos alistados pertenecen a esa familia, y del volumen de producto en inventario qué porcentaje es de esa familia.

Los resultados muestran que las dos series se comportan de una manera bastante similar, en el caso de la familia A21 hay un 10,4 % más de contribución al volumen alistado que al volumen que se mantiene en inventario, sin embargo al tomar en cuenta que los productos tipo C son una gran cantidad (70 % de los SKUs), mientras que los tipo A son solo el 10 % de los SKUs, se explica en cierto modo porque esa diferencia, se debe de tener inventario de seguridad para muchos productos más, lo que al final se transforma en más inventario de lo que corresponde si nada más se toman en cuenta las ventas de esa familia.

Es muy importante recalcar que Grupo Servica no tiene ningún control sobre el resultado de este análisis, pues Grupo Servica se limita a almacenar lo que el cliente le envía, y a despachar lo que el cliente le indica, ellos no tienen injerencia sobre cuánto se mantiene en inventario de cada SKU. Sin embargo este análisis se realizó porque se considera que se puede entregar como un valor agregado al cliente, de modo que él pueda evaluar su gestión de inventarios y tomar las decisiones pertinentes.

Para realizar este análisis se han utilizados los datos de producto alistado e inventario promedio del periodo comprendido entre enero y mayo de 2009, de modo que fueran recientes y por lo tanto representativos de la realidad actual del CEDI.

2.3.3.4.2. Análisis de tarimas en inventario por SKU

El tipo de sistema de almacenamiento que se debe de usar en un centro de distribución es función de muchas variables, sin embargo dos de las más importantes son el nivel de actividad de alisto que se espera se haga desde esa zona de almacenamiento (lo cual ya se analizó mediante el "Análisis de movimiento cúbico por artículo"), y la cantidad de tarimas que se espera tener en inventario de cada uno de los productos.

119

²¹ La clasificación ABC se ha hecho con base en los puntos de inflexión definidos en el Análisis de movimiento cúbico por artículo. Los productos tipo A corresponden al primer 10 % de los SKUs en términos de volumen de producto alistado, los productos tipo B son los que van del 10 % al 30 % del total de SKUs, y los tipo C son todo el resto.

El dato de las tarimas en inventario por producto es vital, es obvio que no es lo mismo tener entre 3 y 5 tarimas de un producto, que tener entre 300 y 400 tarimas, en cuyo caso se debe buscar una mayor densidad de almacenamiento.

El énfasis en este punto de la investigación no es sobre cuáles son los códigos específicos de los que se tiene una mayor cantidad de tarimas, más bien lo que se busca identificar es si hay mucha diferencia entre la cantidad de tarimas que se tiene de cada producto, y a partir de eso establecer grupos que tengan un comportamiento similar, de modo que se puedan asignar a sistemas de almacenamiento que sean los adecuados para las características de esos productos.



Figura 28: Distribución de tarimas por SKU

Como se puede observar el gráfico contiene dos series distintas, una corresponde al porcentaje de los SKUs que caen dentro de cada grupo y la otra corresponde al porcentaje de las tarimas que caen dentro de cada grupo.

Para calcular el porcentaje de SKUs que caen en cada grupo lo que se hace es que se clasifican los SKUs de acuerdo con la cantidad de tarimas que hay en inventario de cada uno. Posteriormente se suma la cantidad de **SKUs** que pertenecen a un grupo y se divide entre el total de SKUs, el resultado es el porcentaje de **SKUs** que tienen entre a y b tarimas.

En la otra serie para calcular el porcentaje de tarimas que caen dentro de cada grupo lo que se hace es que se clasifican los SKUs de acuerdo con la cantidad de tarimas que

hay en inventario de cada uno. Posteriormente se suma la cantidad de **tarimas** que pertenecen a un grupo y se divide entre el total de tarimas, el resultado es el porcentaje de **tarimas** que pertenecen a SKUs de los que se tiene entre a y b tarimas.

Obviamente la serie de % de tarimas tiende a crecer conforme aumenta la cantidad de tarimas en inventario por producto, mientras que la serie de % de SKUs tiende a disminuir. Por ejemplo hay muy pocos productos de los cuales se tienen más de 300 tarimas en inventario (solo 4 productos, lo que representa un 1,8 %), pero la suma de las tarimas de esos productos es 2 003 tarimas, que corresponde al 27,3 % de las tarimas totales que se tienen en inventario en promedio.

A pesar de que la mayoría de los SKUs caen dentro de los grupos que tienen menos de 10 tarimas de cada producto (el 53,6 % de los SKUs cae dentro de esos grupos), de cada uno de esos SKUs se tienen pocas tarimas, por lo que su contribución total sobre el porcentaje de tarimas es de únicamente un 3,9 %. Esto explica porqué en la distribución de % de SKUs los valores más altos están hacia la izquierda del gráfico (en los grupos de pocas tarimas por SKU), mientras que la distribución del % de tarimas tiene los valores más altos hacia la derecha, pues a pesar de que menos productos caen dentro de esta región, cada uno de esos productos tiene una gran cantidad de tarimas, por lo que representa una fracción significativa del total de tarimas que se tienen en el CEDI.

Claramente no todos los SKUs se comportan de la misma manera, lo que es una señal de que no todos los productos deberían de estar almacenados en el mismo tipo de sistema de almacenamiento. Los sistemas de almacenamiento deben de ir en función de la cantidad de tarimas en inventario que se tiene de ese producto, y en vista de que existe una gran diversidad en la cantidad de tarimas en inventario por producto, igualmente debería de haber diversidad en los sistemas de almacenamiento utilizados. No sería bueno que las tarimas de un producto como el "Pañal tipo tela tamaño grande 4 x 50", del cual se tienen en promedio 349 tarimas en inventario, estén en el mismo sistema de almacenamiento que los pañuelos faciales "Tessy Blanco 36 x 75", de los cuales se tiene en promedio menos de una tarima.

"En aquellos casos en que se tienen más de 3 tarimas en inventario de un SKU un sistema de almacenamiento que permita por lo menos dos tarimas por cada cara perpendicular al pasillo es preferible" (Frazelle, 2002b, p. 90), por lo que el rack selectivo no es la mejor opción. Si se toma en cuenta que de un 58,3 % de los productos activos se tienen más de 3 tarimas en inventario, y que el 98,5 % de las tarimas pertenecen a estos productos, y que un 36,9 % de las ubicaciones de almacenamiento disponibles en el CEDI son en rack selectivo, es claro que existe una incongruencia entre el tipo de producto manejado y los sistemas de almacenamiento utilizados. Este hecho es aún más claro al observar que un 86,8 % de las tarimas almacenadas pertenecen a productos de los que se tienen más de 25 tarimas en inventario. Por lo tanto es imperativa la utilización de sistemas de almacenamiento que permitan una elevada densidad, de modo que se logre un mejor aprovechamiento del espacio disponible en el almacén.

Otra situación importante que se evidencia en el gráfico es que un 24,3 % de los SKUs caen dentro del grupo de los que se tiene menos de una tarima (entre todos solo representan el 0,2 % del total de tarimas que se almacenan en el CEDI), eso abre la posibilidad de almacenarlos no en forma de tarimas, sino por bultos, para lo que se puede utilizar un sistema como la estantería.

Debido a la importancia de los resultados del gráfico anterior es necesario mencionar una serie de aspectos sobre la metodología utilizada para su construcción.

Uno de los elementos más importantes para poder confiar en los resultados del gráfico es que el periodo de tiempo que se haya utilizado para el cálculo del inventario promedio de cada producto haya sido el correcto, 22 en este caso se utilizó un horizonte temporal de un mes, se utilizaron datos del mes de abril del año 2009. El problema es que si el periodo de tiempo es demasiado extenso entonces las fluctuaciones en los niveles de inventario de cada producto se tienden a "suavizar"; al promediar los picos y los valles lo que se obtiene es un valor "intermedio", pero no necesariamente

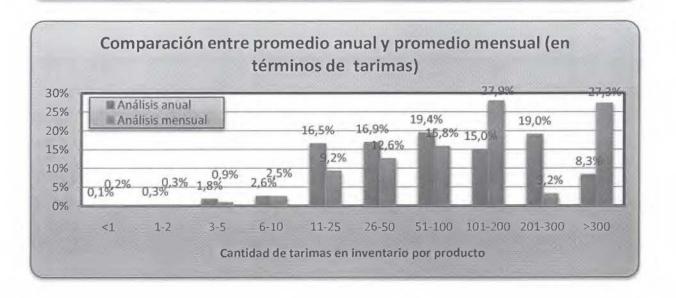
²² Para calcular el inventario promedio de cada producto lo que se hizo fue que se usaron muestras aleatorias del periodo de tiempo considerado, y posteriormente se promediaron las distintas observaciones correspondientes a cada producto.

representativo de la realidad en algún momento. Si por ejemplo de un producto se tuvieron 100 tarimas en la mitad de las observaciones y ninguna tarima en la otra mitad de las observaciones, entonces el promedio es de 50 tarimas, a pesar de que es un valor que nunca sucedió, y no está cercano a ningún valor que realmente haya sucedido (0 y 100).

Uno de los periodos de tiempo que se consideró como una posibilidad fue un año (mayo de 2008 a abril de 2009), sin embargo sucede el fenómeno mencionado, por lo que las curvas exhiben una concentración hacia la parte media del gráfico.



Figura 29: Comparación entre promedio anual y promedio mensual

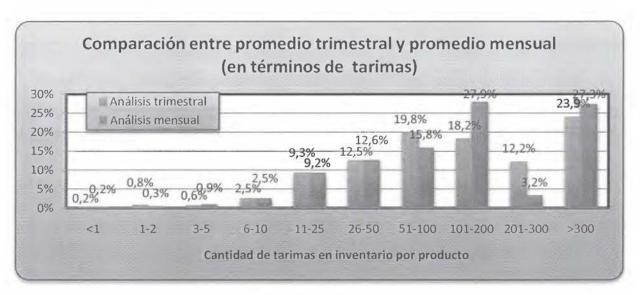


En el análisis anual disminuye la cantidad de SKUs que caen dentro de las categorías extremas, mientras que la mayor parte se concentra en el medio, esto se debe a que durante el año se compensan los momentos en que se tuvieron muchas tarimas con los momentos en que se tuvieron muy pocas tarimas. En el análisis anual solo un 42,3 % de las tarimas caen en los grupos de más de 100 tarimas, mientras que en el análisis mensual un 58,4 % de las tarimas caen dentro de estos grupos. El análisis anual tiende a "suavizar" la curva.

Otro periodo de tiempo que se consideró como una alternativa fue un trimestre. Se dio el mismo fenómeno que al utilizar un año pero en menor escala, sin embargo el resultado es bastante similar que la serie realmente usada, lo que es una indicación de que el mes utilizado para el cálculo definitivo no fue atípico, y por lo tanto el resultado obtenido es representativo de las condiciones reales del CEDI.

Figura 30: Comparación entre promedio trimestral y promedio mensual





El último horizonte temporal que se probó fue un solo día, sin embargo no se probó como una alternativa, sino para comprobar que la serie que se eligió tiene un comportamiento similar al de un día cualquiera, lo que en última instancia es la realidad, pues lo que hay almacenado nunca es un promedio sino un valor instantáneo. El resultado es positivo pues ambas series son muy similares. El día utilizado fue de un mes distinto al que se utilizó para calcular el promedio mensual para evitar un sesgo.

Figura 31: Comparación entre un solo día y promedio mensual





Para tener certeza que los valores utilizados han sido relativamente constantes en el tiempo, se ha considerado importante verificar los valores de los SKUs de los cuales hay muchas tarimas en existencia. Con este propósito se tomaron 21 muestras de los niveles de inventario durante febrero, marzo, abril y mayo de los productos con más de 200 tarimas en el inventario promedio calculado anteriormente. Posteriormente se graficaron los valores diarios obtenidos contra el inventario promedio utilizado anteriormente para el análisis de distribución de tarimas por SKU. Los resultados se pueden observar en el anexo 6.1.

En todos los casos el valor promedio de abril que se usó para el análisis general parece ser un valor representativo. Es obvio que existen variaciones importantes entre la cantidad de tarimas que se mantienen por día de cada producto, sin embargo el valor medio es cercano al valor usado. El único caso donde parece ser que abril fue un mes especialmente alto es el "Papel higiénico Nevax 1000 24 x 1".

En vista de todo lo anterior se consideran como representativos los datos usados para el análisis de distribución de tarimas por SKU, por lo que se ratifica la validez de las conclusiones obtenidas a partir de dicho análisis.

2.3.3.5. Perfil de estacionalidad

No en todos los negocios el nivel de actividad durante el año es siempre el mismo, de hecho en la mayor parte de las industrias existe una cierta estacionalidad. Esto es un

factor que se debe de tomar en cuenta, pues los requerimientos de capacidad se ven afectados por eso, la cantidad de personal con que se debe de contar en distintos momentos del año también varía.

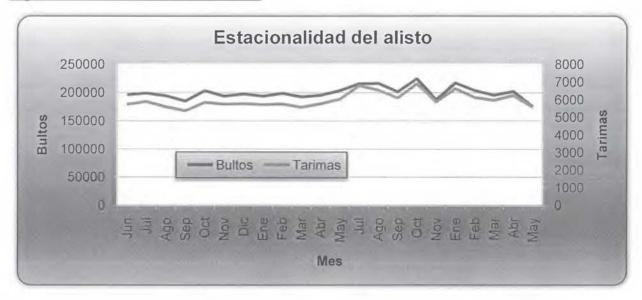
El objetivo de este perfil es identificar si existe una cierta estacionalidad a lo largo del año, es decir si hay meses donde las actividades de alisto y/o de recepción son más intensas, o los niveles de inventario son superiores, mientras que durante otros meses las exigencias son menores. De acuerdo con estos resultados se podrían considerar alternativas como contratar personal de manera temporal durante algunas épocas del año, o alquilar bodegas externas en ciertos periodos para dar abasto a un exceso de demanda temporal. La necesidad y conveniencia de estas medidas depende de la estacionalidad que muestre el negocio.

2.3.3.5.1. Análisis de estacionalidad del alisto

Como ya se ha visto anteriormente una de las actividades que más recursos consume es el alisto de órdenes. Por lo tanto es preciso determinar si el volumen de la actividad de alisto varía de manera predecible en ciertas épocas del año.

Con tal de determinar eso se han graficado tanto los bultos alistados por mes, así como las tarimas alistadas por mes durante 24 meses (junio de 2007 a mayo de 2009). Se han usado las dos medidas pues es posible identificar si la composición de las órdenes varía a lo largo del año, si hubiera un cambio marcado en el tipo de productos que se piden, de unos que contienen muchos bultos por tarima a otros que contienen pocos bultos por tarimas, entonces a pesar de que el número de bultos se mantuviese constante implicaría que la actividad de alisto incrementaría sus requerimientos. La situación al inverso también podría suceder, pero ambos casos sería posible detectarlos al graficar las dos series, pues se notaría un comportamiento disímil durante alguna época del año.

Figura 32: Estacionalidad del alisto



El comportamiento de ambas series es muy similar, además de que se nota un comportamiento estable a lo largo del año. El único mes donde hay un incremento significativo en ambos años es durante octubre, pues tiene un factor de estacionalidad de 1,08, sin embargo no se cuenta con suficientes datos históricos para hacer una afirmación concluyente al respecto. Tal comportamiento se puede explicar por el cierre de año fiscal en setiembre, por lo cual los comercios tratan de reducir sus niveles de inventario para el fin de setiembre, y en octubre deben de reabastecerse, incrementando ligeramente el nivel de actividad de alisto durante ese mes. La diferencia entre octubre y los meses inmediatamente anteriores y posteriores es siempre menor al 15 %, por lo que no se trata de un incremento dramático

A partir de lo anterior se puede afirmar que el comportamiento de las labores de alisto en el CEDI es estable a lo largo del año, por lo que no amerita la utilización de personal temporal durante el mes de mayor actividad, probablemente el costo de la curva de aprendizaje sea mayor que las horas extras que se deban pagar para cubrir las exigencias del mes pico. Esto debido a que el incremento respecto a los otros meses es bajo, y sucede durante únicamente un mes al año.

La serie tiene un coeficiente de variación del 7,0 %, lo que es consecuente con el hecho de que lo que se maneja son productos de primera necesidad, y por lo tanto poco vulnerables a cambios a lo largo del año.

2.3.3.5.2. Análisis de estacionalidad de la recepción

Mediante el análisis de estacionalidad de la recepción se determina lo mismo que mediante el análisis de estacionalidad del alisto, se identifican periodos donde incrementa la demanda de recursos, tanto humanos como materiales, y periodos que por el contrario tienen un nivel de actividad inferior.

En este caso se utilizan las mismas medidas que en el análisis anterior, los bultos y las tarimas recibidas por mes durante los últimos 16 meses (febrero de 2008 a mayo de 2009, de recepción se tienen menos datos históricos que de alisto). En caso de que existiese un desfase entre las estacionalidades del alisto y de la recepción sería posible rotar el personal de un área a otra según la época del año, mientras que si ambas estacionalidades coinciden sería necesario tomar otras medidas para afrontar las demandas de esos periodos.



Figura 33: Estacionalidad de la recepción

Nuevamente el comportamiento de ambas series es muy similar, por lo que se puede utilizar cualquiera de las dos series para identificar alguna estacionalidad presente a lo largo del año. Debido a que la cantidad de datos con que se cuenta es menor que en el caso del alisto, aquí tampoco es posible hacer conclusiones fuertes, lo que se puede inferir del gráfico es que los meses de enero y marzo tienen una tendencia hacia el alza, pues tienen factores de estacionalidad de 1,30 y 1,09 respectivamente.

El mayor aumento es el que sucedió de diciembre de 2008 año a enero de 2009, cuando la cantidad de tarimas recibidas incrementó en un 37 %. Para establecer si esto fue una situación circunstancial, o es un fenómeno que se repite todos los años es preciso que la compañía siga recopilando esta información y desarrollando este perfil periódicamente.

En todo caso los meses de mayor actividad de recepción son distintos al mes de mayor actividad de alisto, por lo que se puede hacer una reubicación de personal de modo que se apoye el proceso que tenga una mayor demanda durante esa época del año. Con esto se evita el tener que variar la cantidad de personal a lo largo del año, lo que conlleva una serie de inconvenientes como el pago de liquidaciones y el costo de la curva de aprendizaje.

La serie de tarimas recibidas por mes tiene un coeficiente de variación del 12,5 %, y la principal conclusión que se puede extraer de dicha serie es que es preciso continuar monitoreando la cantidad de bultos y tarimas recibidas por mes para identificar si existen estacionalidades suficientemente marcadas como para justificar la toma de acciones para hacerles frente.

2.3.3.5.3. Análisis de estacionalidad del inventario

Para determinar si existe estacionalidad en el inventario es preciso determinar la cantidad de bultos que se mantienen en inventario durante cada uno de los meses, o de la unidad de tiempo que se haya elegido, a lo largo del año.

La estacionalidad en el inventario es importante pues permite identificar oportunidades para brindarles servicio a clientes que tengan una estacionalidad inversa a la de los clientes actuales, de modo que las épocas donde algunos clientes tienen inventarios elevados, los otros clientes tienen inventarios reducidos y viceversa. "El almacenista público²³ intenta equilibrar los patrones de inventario estacional de algunos fabricantes y los beneficios de una utilización relativamente llena y constante de la capacidad" (Ballou, 2004, p. 481). El tener una mayor utilización de la capacidad de

²³ Ballou utiliza el término almacenista público para referirse a una compañía que brinda servicios de almacenamiento.

almacenamiento a lo largo de todo el año es obviamente más rentable que tener capacidad ociosa durante ciertas épocas del año.

Por otro lado permite identificar oportunidades de alquilar un espacio adicional para almacenamiento, de modo que no sea necesario tener de forma permanente una capacidad de almacenamiento suficiente para absorber todos los picos de demanda a lo largo del año. Lo que se hace es que se tiene capacidad para un determinado nivel que se determina es el adecuado, con esa capacidad se asegura que es suficiente para la demanda promedio, y en los momentos en que no es suficiente se subcontrata lo que sea necesario, con lo que se consigue mantener una buena utilización de la capacidad a lo largo de todo el año.

El análisis de la estacionalidad se ha hecho con únicamente 17 meses de historia (enero de 2008 a mayo de 2009) pues es la información con que la compañía contaba al momento de realizar esta investigación, este tiempo no es el suficiente para determinar con certeza si existen estacionalidades a lo largo del año, sin embargo si permite identificar de manera preliminar posibles tendencias.



Figura 34: Estacionalidad del inventario

En el caso del inventario sí parece haber una cierta estacionalidad, donde los meses de setiembre y noviembre tienen un valor más alto que el resto de los meses. Asimismo se nota un leve incremento durante los meses de abril y mayo del 2009, sin embargo esto se puede deber más a un incremento en el nivel general del inventario que a una

estacionalidad, pues durante estos mismos meses del año 2008 no se presentó tal incremento en la cantidad de bultos en inventario. Por otro lado diciembre, enero y febrero parecen tener un nivel ligeramente menor que el promedio.

La diferencia entre el mes con la mayor cantidad de producto y el mes con la menor cantidad (mayo 2009 y enero 2008) es de un 27,4 % del mayor valor. Esto es una cantidad muy significativa, que obliga a pensar en alternativas para mantener una buena utilización de la capacidad disponible a lo largo del año, tales como incorporar productos con una estacionalidad complementaria, o subcontratar espacio de almacenamiento durante las épocas pico del año. Sin embargo para poder confirmar la conveniencia de estas acciones es imprescindible comprobar que las variaciones en la cantidad de producto se deben a causas estacionales, y no a una variación en el nivel general de producto manejado. Esto solo se puede hacer estudiando la serie durante un periodo de tiempo más extenso por lo que es necesario que la compañía siga recopilando esta información y analizándola.

2.3.4. Determinación de las prácticas recomendadas para el CEDI

No existe una "manera ideal" de cómo debe de ser y de operar un centro de distribución. Las prácticas recomendadas son una función de las características propias de ese centro de distribución. Por eso es tan importante establecer cuáles son esas características, pues solo conociendo esa información es posible hacer recomendaciones sobre la manera de operar de dicho almacén.

Con este propósito es que en el objetivo anterior se han analizados los perfiles operativos del Centro de Distribución de Grupo Servica, con los que se han logrado identificar las principales características de su entorno de operación, lo cual a su vez permite establecer las prácticas recomendadas para esta operación. Las recomendaciones se hacen con base en las referencias bibliográficas citadas a lo largo del texto, y con base en el conocimiento y la experiencia adquiridos por los autores durante la realización de esta investigación.

Dichas recomendaciones se presentan clasificadas en cuatro áreas: procesos, infraestructura, equipo e información. Se han segregado de esta manera pues anteriormente se hizo el análisis de la operación actual del CEDI en términos de estos cuatro aspectos, de modo que al hacerlo así se facilita el hacer un análisis comparativo.

Se presenta una característica por cada uno de los perfiles realizados en el objetivo anterior, y en ella se condensan los principales hallazgos de los distintos análisis realizados como parte de ese perfil.

2.3.4.1. Alisto

Característica: Las actividades de alisto se concentran en el alisto de tarimas completas, un 70,0 % de las órdenes de alisto son por más de una tarima de producto (ver sección 2.3.3.1.6), y un 72,0 % de los viajes de alisto son de tarimas completas de un solo SKU (ver sección 2.3.3.1.3).

Procesos: 1) Realizar el alisto de las tarimas desde la zona de almacenamiento semipermanente, esto permite un mayor aprovechamiento del espacio pues no se necesita una zona separada para el alisto, pero se mantiene la productividad en el alisto pues se trata de tarimas completas, y además se eliminan las labores de reabastecimiento de la zona de alisto de tarimas.

- 2) Para tener áreas separadas para el alisto de tarimas y el alisto de bultos (ver sección de Infraestructura), es recomendable separar la porción de la orden que corresponde a tarimas completas de la porción que corresponde a bultos, y hacer el alisto de ambas parte de manera independiente y luego consolidar la orden (ver sección de Información).
- 3) En el caso de las tarimas completas las órdenes requieren suficiente volumen para justificar la construcción de un tour de alisto solo para esa orden, por lo que la metodología más conveniente es el alisto por orden, o inclusive se puede considerar la posibilidad de que varios alistadores trabajen en la misma orden simultáneamente, asignando una zona de alisto a cada uno, esto va a depender del tamaño de la orden y del tiempo que se dispone para alistarla. "Cuando los clientes son tiendas

detallistas/supermercados/distribuidores. típicamente una orden requiere suficiente trabajo para que la orden misma represente una asignación de trabajo eficiente. O la orden puede ser tan grande que sea dividida entre múltiples alistadores" (Frazelle, 2002b, p. 29).

- 4) La porción de la orden que corresponde al alisto de bultos se debe de hacer mediante alisto por orden, pues a pesar de tratarse de alisto de bultos, un 92,6 % de los bultos que serían alistados de esta manera corresponden a órdenes donde la fracción de la orden que corresponde al alisto de bultos es suficiente para llenar una tarima. Por lo tanto no amerita utilizar otro tipo de alisto que tenga una serie de complicaciones adicionales, tal como el alisto por lote pues "incrementa la complicación de reensamblar los pedidos parciales para su envío" (Ballou, 2004, p. 490). Máxime si se toma en cuenta que la cantidad de bultos que se podrían alistar de esa manera representa menos del 10 % de los bultos alistados mediante el alisto de bultos.
- 5) Debido a que el alisto y el *putaway* están concentrados en el transporte de tarimas (ver figuras 12 y 19), se debe de usar equipo similar para ambas operaciones, y "para hacer más eficientes los procesos de alisto y *putaway*, estas acciones deben ser combinadas en comandos duales para reducir la cantidad de viajes muertos que hacen los montacargas. Esta técnica está enfocada especialmente en las operaciones de colocación y extracción de tarimas completas" (Frazelle, 2002b, p. 84). El autor le llama a esta práctica *interleaving*, y lo que busca es que haya un mejor aprovechamiento de los equipos.

Infraestructura: 1) Debido a que en la mayor parte de los viajes de alisto se transporta una tarima de un solo producto, la ubicación entre los productos pasa a segundo plano, lo más importante es la ubicación absoluta de los productos dentro del almacén. Por lo tanto la zonificación por familias no es recomendable, pues implica una pérdida en la densidad de almacenamiento²⁴ y puede aumentar las distancias recorridas con respecto a zonificar por alguna medida de popularidad.

²⁴ Ver justificación en la sección 2.3 3 1.3.

- 2) "En general, es una buena idea establecer áreas separadas para el alisto de tarimas y para el alisto de bultos" (Frazelle, 2002b, p. 23), de modo que los operarios en carretillas u otros equipos que están alistando bultos no obstaculicen a los montacargas que viajan por la zona de almacenamiento semi-permanente. "Usar zonas de recogida de pedidos separadas de la zona de reserva minimizará el tiempo de ruta y el tiempo de servicio para surtir los pedidos" (Ballou, 2004, p. 488).
- 3) Para realizar eficientemente el alisto de tarimas desde la zona de almacenamiento semi-permanente es necesario que los productos estén colocados de manera que se reduzcan las distancias recorridas, por lo que los productos más populares van a estar cerca de la zona de despacho, mientras que los productos menos populares van a estar más lejos. "Se pueden minimizar los costos de manejo de materiales mediante la ubicación de los artículos de rápido desplazamiento cercanos al punto de salida, o área de escala, y los artículos de lento desplazamiento atrás de estos" (Ballou, 2004, p. 531).
- 4) Si se hace el alisto de la fracción de la orden que corresponde a tarimas completas de manera independiente al alisto de la fracción que corresponde a bultos, es preciso destinar un área para la consolidación de la orden.

Equipo: 1) Se debe de contar con un equipo para el manejo de materiales que permita el transporte y manipulación de tarimas de manera rápida, segura y eficiente. Un equipo que cuenta con estas características es el montacargas, "la flexibilidad, junto con el costo relativamente bajo del vehículo, hacen que el montacargas sea el punto de comparación de todos los equipos para el manejo de tarimas" (Frazelle, 2002b, p. 99).

2) Debido a que el alisto de tarimas se debería de hacer desde la zona de almacenamiento semi-permanente, esto implicaría una mayor carga de trabajo para los equipos que pueden acceder a todas las ubicaciones de la zona de almacenamiento permanente por tener el alcance vertical y horizontal necesarios. Por lo tanto es necesario contar con suficientes equipos para poder hacer el alisto de esta manera.

3) Se debe de contar con equipo que permita el alisto de bultos de manera eficiente y económica, tal como es el caso de las carretillas eléctricas, "que son por mucho el método más popular de alisto de bultos" (Frazelle, 2002b, p. 111).

Información: 1) El Sistema de Información debe de tener la capacidad de coordinar el *interleaving*, por lo que se debe de hacer tanto el alisto como el *putaway* guiados por el WMS.

2) El Sistema de Información debe de tener la capacidad de al recibir una orden separar la porción que corresponde a tarimas completas y la porción que corresponde al alisto de bultos, y con eso generar dos órdenes de alisto independientes.

2.3.4.2. Recepción

Característica: Las actividades de recepción se concentran en el manejo de tarimas completas, a pesar de que un 79,3 % de las órdenes de recepción tienen solo una línea (ver sección 2.3.3.2.3), por lo menos un 85,5 % son por más de tres tarimas de producto (ver sección 2.3.3.2.4), y un 95,6 % de los viajes de *putaway* son de tarimas completas de un solo SKU (ver sección 2.3.3.2.2).

Procesos: 1) Debido a que las órdenes tienden a ser de múltiples tarimas es mejor que varios operarios hagan el *putaway* de manera simultánea de modo que se reduzca el tiempo de recepción de la orden y no quede producto almacenado temporalmente en el área de recepción.

- 2) Para lograr una mayor densidad de almacenamiento y productividad en el alisto "el WMS debería de dirigir el operario que realiza el *putaway* para colocar cada tarima en la ubicación que maximiza la utilización cúbica, asegura buena rotación del producto, y maximiza la productividad en la extracción" (Frazelle, 2002b, p. 82). De modo que no sea el operario quien elija la posición según su criterio.
- 3) Debido a que el alisto y el *putaway* están concentrados en el transporte de tarimas (ver figuras 12 y 19), se debe de usar equipo similar para ambas operaciones, y se debe procurar que el equipo viaje cargado en ambas direcciones, que se aplique el *interleaving* de modo que haya un mejor aprovechamiento del equipo.

Infraestructura: 1) Debido a que en el 95,6 % de los viajes de recepción se transporta una tarima de un solo producto, la ubicación relativa de los productos pasa a segundo plano, lo más importante es la ubicación absoluta de los productos dentro del almacén. Por lo tanto la zonificación por familias no es recomendable, pues implica una pérdida en la densidad de almacenamiento y puede aumentar las distancias recorridas con respecto a zonificar por alguna medida de popularidad.

Equipo: 1) Se debe de utilizar un equipo para el manejo de materiales eficiente en el manejo de tarimas, que permita un transporte rápido y seguro de las mismas, preferiblemente que se puedan transportar varias tarimas simultáneamente, como es el caso de un montacargas o de un apilador, esto porque al ser muchas de las órdenes dedicadas a un solo SKU es posible transportar dos tarimas al área de almacenamiento en un solo viaje y "cuando el tamaño de la carga se incrementa, menor es el número de trayectos requeridos para almacenar una cantidad dada de bienes y mayor será la economía" (Ballou, 2004, p. 486).

- 2) Para reducir la cantidad de operaciones el equipo utilizado debe de ser capaz de ubicar la tarima dentro de la ubicación de almacenamiento semi-permanente, por lo que debe tener un alcance vertical y horizontal que le permita acceder a todas las ubicaciones donde se podría colocar el producto.
- 3) Para poder hacer el *putaway* dirigido los montacargas, apiladores u otro equipo utilizado deben de estar equipados con sistemas que indiquen donde se debe colocar el producto, tales como pantallas o parlantes.

Información: 1) El WMS debe de usar un algoritmo para hacer el *putaway* dirigido, de modo que asegure que se coloca cada tarima en la ubicación que maximiza la utilización cúbica, asegura buena rotación del producto, y maximiza la productividad en la extracción.

2) El WMS debe de tener la capacidad de coordinar el *interleaving*, por lo que se debe de hacer tanto el alisto como el *putaway* guiados por el WMS, y los viajes deben de ser asignados de acuerdo con un criterio de minimización de las distancias recorridas.

2.3.4.3. Actividad

Característica: Existe gran variabilidad en la popularidad de los artículos que se manejan en el CEDI, 3 productos (un 1,3 % de los SKUs activos) agrupan el 33,1 % de los m³ de producto alistado, mientras que 11 productos (el 4,7 % de los SKUs activos) comprenden el 17,5 % de las líneas alistadas y el 60,4 % del volumen de producto alistado (ver sección 2.3.3.3.3).

Procesos: 1) Debido a que existe tanta diferencia entre la popularidad de los artículos es recomendable hacer una zonificación por popularidad, de manera que se coloquen los productos con un mayor movimiento cúbico en las zonas más cercanas al área de despacho, y de esta forma se reduzcan las distancias recorridas durante el alisto.

En el caso de alisto de bultos²⁵ se debe viajar a varias ubicaciones durante un viaje de alisto por lo que para lograr una mayor reducción en los recorridos es necesario que la secuencia de alisto se construya bajo el esquema de "alisto por avenida principal con viajes laterales y no de acuerdo con el esquema de "serpenteo".²⁶

2) Para poder utilizar distintos sistemas de almacenamiento en el CEDI, y zonificar según la popularidad de cada SKU, es preciso que el putaway se haga guiado por el WMS, para asegurarse que cada producto es almacenado en el sistema de almacenamiento y la ubicación que le corresponde.

Infraestructura: 1) Los productos deben de ser almacenados en sistemas de almacenamiento de acuerdo con su popularidad, tanto en términos de líneas como de volumen. Aquellos productos que tienen el mayor movimiento (los clasificados como tipo A en términos de popularidad) deben de ser almacenados en sistemas que permitan una alta productividad en el alisto, tales como el flow rack, el push-back rack o el rack selectivo. En contraposición aquellos productos que tienen un movimiento muy bajo, los que se clasifican como tipo C, deben de colocarse en sistemas que

²⁵ La distribución de movimiento cúbico de la porción de las órdenes que corresponde al alisto de bultos tiene una importante concentración en unos pocos productos, al igual que a la distribución de movimiento cúbico total (que toma en cuenta tanto la porción de tarimas completas como tarimas parciales). En el alisto de bultos un 4,7 % de los SKUs agrupan el 27,6 % del volumen de producto alistado.

²⁶ Ver en el anexo 7.1 una explicación gráfica de las distintas formas de secuenciar un viaje de alisto.

tengan una alta densidad de almacenamiento, aunque estén restringidos a una baja productividad en el alisto.

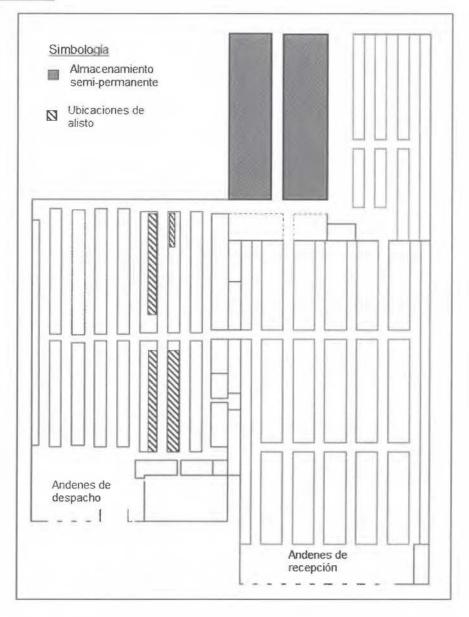
- 2) Para los productos que se clasifican como tipo A en términos de movimiento cúbico es recomendable asignarlos a sistemas para el almacenamiento de tarimas, pues el que tiene el menor movimiento cúbico es de más de 3 tarimas por día. Esto implica que se deben de manejar por lo menos esa cantidad de tarimas por día en promedio, lo que se haría muy laborioso si no se utilizara la tarima como unidad de manejo del producto.
- 3) Los productos clasificados como tipo A deben de almacenarse en las ubicaciones más cercanas al área de despacho y de más fácil acceso, mientras que en el caso de los productos tipo C se pueden ubicar en áreas más alejadas y en posiciones tales que la extracción o colocación de las tarimas sea más difícil. Con esto se busca una reducción en las distancias recorridas durante el alisto y en el tiempo que se invierte en estas actividades. Actualmente los productos con un mayor movimiento cúbico no se encuentran en las ubicaciones más cercanas a los andenes de despacho, de hecho se encuentran en algunas de las ubicaciones más alejadas, por lo que las distancias recorridas son mayores, lo que ocasiona tiempos de alisto más extensos y un mayor uso de los equipos para el manejo de materiales.

La figura 35 corresponde a un plano donde se muestra la localización de las ubicaciones de alisto y de la zona de almacenamiento semi-permanente de los 3 principales productos en términos de movimiento cúbico, entre ellos agrupan el 33,1 % de los metros cúbicos de producto alistados. Como se puede notar la zona de almacenamiento semi-permanente está ubicada en el extremo opuesto del edificio que los andenes, por lo que se incrementan las distancias recorridas. Además las ubicaciones de alisto no están en las posiciones más cercanas a la zona de despacho, de ser así se reducirían las distancias recorridas por los alistadores.

Esta ilustración sirve como ejemplo para demostrar que la ubicación actual de los productos dentro del almacén no se realiza en función del movimiento cúbico de los productos, por lo que sería posible reducir las distancias recorridas al utilizar un criterio lógico de ubicación de los productos que tome en cuenta el volumen que se

moviliza de cada uno.

Figura 35: Ubicación dentro del almacén de los 3 principales productos en términos de movimiento cúbico



Es importante señalar que las zonas identificadas como de almacenamiento semipermanente no son usadas exclusivamente para estos 3 productos, pero la ubicación de estos dentro de la zona es variable, por lo que se ha señalado toda la zona. **Equipo:** 1) "(Los sistemas de) almacenamiento y el (equipo de) manejo de materiales tienen que considerarse en concordancia" (Ballou, 2004, p. 490), de modo que haya compatibilidad entre ambos y se asegure una gran eficiencia en las labores de alisto y de *putaway*.

2) Debido al gran movimiento cúbico que tienen los productos tipo A y B, estos deben de ser manejados en tarimas, por lo que se debe de contar con un sistema de manejo de materiales orientado al manejo de tarimas.

Información: 1) El WMS debe de permitir el *putaway* guiado de acuerdo con una serie de criterios de zonificación definidos previamente.

2) "Es crítico mantener actualizada la zonificación y asignación de los productos a los sistemas de almacenamiento, para mantener la productividad y densidad de almacenamiento conseguidos originalmente" (Frazelle, 2002b, p. 179). Por lo tanto es necesario que constantemente se estén verificando los perfiles de actividad de los productos para tener certeza que están asignados al sistema de almacenamiento, y a la ubicación dentro del sistema de almacenamiento que es más conveniente. En caso de que no se haga eso es muy probable que la zonificación del almacén rápidamente deje de ir de acuerdo con la realidad del mismo, por lo que más bien restringe la productividad en vez de facilitarla.

2.3.4.4. Inventario

Característica: La mayor parte del inventario almacenado en el CEDI corresponde a unos pocos productos, un 8,7 % de los SKUs concentran el 58,4 % del total de tarimas almacenadas; mientras que hay muchos SKUs de los cuales se tiene poco producto, un 53,6 % de los SKUs concentran únicamente el 3,9 % del total de tarimas almacenadas en el CEDI (ver sección 2.3.3,4.2).

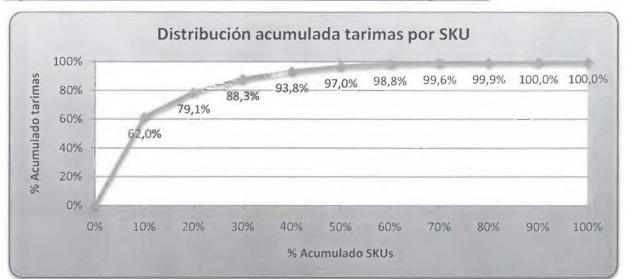


Figura 36: Distribución acumulada de tarimas en inventario por SKU

Procesos: 1) El alisto desde sistemas de almacenamiento de alta densidad como el almacenamiento en bloque o el *drive-in* rack es más lento que si se alista desde rack selectivo, por lo tanto eso se debe de tomar en cuenta a la hora de diseñar los procesos y estimar los requerimientos de equipo.

2) Si se instala más de un sistema de almacenamiento es preciso que el *putaway* sea guiado, de modo que el operario sepa donde debe de colocar el producto, lo que debe responder a un criterio previamente establecido.

Infraestructura: 1) Debido a las enormes diferencias existentes entre la cantidad de tarimas en inventario que se tiene de cada SKU, es preciso que se usen diferentes sistemas de almacenamiento para los distintos productos, "la clave para seleccionar la configuración apropiada de sistemas de almacenamiento de tarimas es asignar cada SKU a un sistema de almacenamiento de tarimas cuyas características de almacenamiento y productividad coincidan con los perfiles de actividad y de inventario del SKU" (Frazelle, 2002b, p. 95).

2) Aquellos productos de los cuales se tienen en promedio más de 25 tarimas en inventario, el 28,0 % de los SKUs activos, deben de ser asignados a sistemas de almacenamiento que permitan una alta densidad de almacenamiento, tales como el almacenamiento en bloque, el *drive-in* rack o el *flow* rack (Frazelle, 2002b, pp. 86-93).

- 3) Aquellos productos de los cuales se tienen entre 6 y 25 tarimas en inventario, el 30,2 % de los SKUs activos, son buenos candidatos para sistemas de almacenamiento de mediana densidad, tales como el rack de doble profundidad y el *push-back* rack (Frazelle, 2002b, pp. 90-93).
- 4) El restante 41,7 % de los productos pueden ser almacenados en rack selectivo debido a que se tienen pocas tarimas en inventario, inclusive el 24,3 % de los productos de los que se tiene menos de una tarima en inventario se pueden almacenar en sistemas para el almacenamiento de bultos, tales como estantería, sin embargo para que esto sea exitoso se debe de tener certeza de que en esos productos es común tener menos de una tarima, y que no se trata de un acontecimiento atípico.
- 5) El almacenamiento en bloque es factible debido a que el producto que se maneja en el CEDI tiene una vida útil de más de 3 años, por lo que no es necesario implementar un PEPS estricto.
- 6) Debido a que un 86,8 % de las tarimas que se almacenan en el CEDI corresponden a SKUs que deberían de colocarse en sistemas de almacenamiento de alta densidad (pues se tienen más de 25 tarimas de cada SKU) la mayor parte del área de la bodega se debe destinar a este tipo de sistemas de almacenamiento.

Equipo: 1) En caso de que se vayan a usar racks de doble profundidad es preciso que los equipos para el manejo de materiales cuenten con los adaptadores necesarios para poder acceder al producto que está en la posición posterior.

- 2) El tipo de equipo para el manejo de materiales utilizado debe de ir de acuerdo con los sistemas de almacenamiento seleccionados. Si por ejemplo se decide usar el drive-in rack entonces es imposible alistar con una carretilla pues no queda producto en el primer nivel, por lo que se necesita un equipo con un mayor alcance vertical para que pueda llegar a los niveles superiores y extraer las tarimas.
- 3) El tipo de equipo para el manejo de materiales que se utilice también influye sobre la densidad de almacenamiento que se puede conseguir, pues el ancho de los pasillos debe de ir de acuerdo con lo que el equipo usado requiere para poder hacer los giros

correctamente y desplazarse con seguridad y velocidad.

Información: 1) Constantemente se deben de estar actualizando y revisando los perfiles de actividad, de modo que cada producto esté asignado al sistema de almacenamiento que le corresponde de acuerdo con la cantidad de tarimas en inventario que tenga.

- 2) La asignación de los SKUs a los distintos sistemas de almacenamiento debe de hacerse con base en un criterio lógico y establecido.
- 3) El WMS debe de permitir el *putaway* guiado de acuerdo con una serie de criterios de asignación de SKUs a sistemas de almacenamiento definidos previamente.

2.3.4.5. Estacionalidad

Característica: De acuerdo con los datos disponibles no hay evidencia de que exista una estacionalidad fuerte en las labores de alisto, durante el mes de setiembre las labores de alisto tienen su nivel más bajo (f.e. 27 = 0,97), mientras que en octubre se dan los niveles más altos del año (f.e. = 1,08) (ver sección 2.3.3.5.1). Los meses de enero y marzo son los más intensos en las labores de recepción (f.e. = 1,30 y 1,09) (ver sección 2.3.3.5.2), mientras que durante los meses de setiembre y noviembre la cantidad de producto en inventario es la más elevada del año (f.e. = 1,09 y 1,11) (ver sección 2.3.3.5.3).

Procesos: 1) El diseño de los procesos debe tomar en cuenta las estacionalidades de las distintas actividades, de modo que sea posible absorber las diferencias en los niveles de demanda a lo largo del año, sin tener un exceso de capacidad ociosa que represente un costo importante para la empresa.

Infraestructura: 1) Debido a que sí existe una cierta estacionalidad en la cantidad de producto que se tiene en inventario, es recomendable gestionar la capacidad para que vaya de acuerdo con dicha estacionalidad. Es preciso evaluar los costos de tener capacidad ociosa durante algunas épocas del año versus subcontratar espacio de

²⁷ f.e.: Factor de estacionalidad.

almacenamiento durante determinados momentos, y con base en eso elegir una alternativa.

Equipo: 1) Que las épocas de mayor demanda en el alisto y en la recepción no coincidan es positivo, pues permite que se compartan recursos entre ambas actividades, de modo que se emplean en aquel proceso que tiene una mayor demanda durante esa época del año.

Como puede observarse en el gráfico de la figura 37 los meses de mayor actividad de ambas series no coinciden.

- 2) En las labores de alisto y de recepción la productividad del operario es en buena medida determinada por su experiencia. En vista de que los valles en el alisto y en la recepción no son muy pronunciados (el menor factor de estacionalidad es de 0,89), es una buena alternativa mantener una cantidad fija de personal a lo largo del año, con lo que se asegura la experiencia y productividad de los operarios, sin pagar altos costos por la curva de aprendizaje o por un exceso de capacidad ociosa.
- 3) Para hacer frente a las estacionalidades de las diferentes actividades los operarios deben de estar capacitados para hacer varias labores distintas, "esta práctica es especialmente efectiva cuando los picos de actividad de las distintas labores del almacén no coinciden. En esos escenarios trabajadores multifuncionales pueden moverse hacia la labor que está en su pico de actividad según la carga de trabajo lo requiera" (Frazelle, 2002b, p. 232). Este escenario sucede en Grupo Servica, por lo que de esta manera se logra reducir la cantidad total de personal necesario.

Información: 1) Para poder identificar la existencia de estacionalidades es imperativo que la empresa recopile y analice los datos periódicamente, de forma que se puedan descubrir las tendencias y tomar las decisiones pertinentes.



Figura 37: Estacionalidad conjunta del alisto y la recepción

2.3.5. Identificación y selección de las oportunidades de mejora

2.3.5.1. Identificación de las oportunidades de mejora

A continuación se presenta una tabla donde se enlistan las oportunidades de mejora que se han encontrado durante el desarrollo del diagnóstico. Para cada oportunidad de mejora se indica la sección dentro del documento donde ha sido identificada y donde se explica con más detalle. Asimismo se señala el área temática a la que pertenece cada oportunidad de mejora, de modo que luego sea posible hacer una agrupación de las mismas.

Cuadro 7: Oportunidades de mejora identificadas

	Oportunidad de mejora	Sección	Årea temática	
1.	Establecer citas de recibo con el cliente.	4.2.1.1	Recepción	
2.	Mejorar el WMS de modo que no cometa el error de duplicar las licencias ingresadas.	4.2.1.1 4.2.4.1.1	WMS	
3.	No dejar las tarimas de productos recibidos almacenadas temporalmente en la zona de recepción o en los pasillos para no obstaculizar el paso.	4.2.1.1	Recepción	
4.	Realizar el <i>putaway</i> dirigido de modo que sea el sistema el que indica donde se deben colocar las tarimas.	4.2.1.1 4.2.4.1.2 4.4.2	Recepción, WMS	

5.	Diseñar la ruta de alisto de modo que se alisten primero	4.2.1.2	Alisto, WMS
	las tarimas incompletas para lograr una mejor densidad en las ubicaciones de alisto.	4.2.4.1.3	
6.	Concientizar a los alistadores para que estos pongan	4.2.1.2	Alisto
	especial atención a la exactitud del alisto y reduzcan los	4.2.1.4	
	errores en sus labores.	4.2.1.5	
7.	Incorporar en el WMS una funcionalidad que notifique	4.2.1.4	WMS
	automáticamente la necesidad de reabastecer las ubicaciones de alisto para poder completar el alisto de una factura.	4.2.4.1.3	
8.	Incorporar un módulo en el WMS de modo que asigne	4.2.1.4	WMS
	automáticamente las órdenes de alisto a los alistadores tomando en cuenta la prioridad de cada orden, asignación equitativa entre los alistadores y coordinación con el despacho.	4.2.4.1.3	
9.	Eliminar la revisión del jefe de alisto en la que los alistadores deben reportarle la cantidad de bultos alistados una vez que terminan con su asignación.	4.2.1.4	Alisto
10.	Incorporar un módulo de reportes en el WMS de modo que se elimine la necesidad de pasar las consultas a tablas de Excel para poder imprimirlas.	4.2.1.6	WMS
11.	Modificar las dimensiones de los racks de la Zona de Racks de acuerdo con las dimensiones de las tarimas que almacenan.	4.2.3.1.2	Sistemas de almacenamiento
12.	Rediseñar la ubicación de cada zona de acuerdo con los criterios de adyacencia: "los procesos contiguos deben estar ubicados cerca entre sí".	4.2.3.4	Layout
13.	Utilizar una ruta de alisto que reduzca la distancia recorrida por los alistadores.	4.2.4.1.3	Alisto, WMS, Layout
14.	Programar el WMS de manera que pueda recopilar	4.2.4.1.6	WMS
	automáticamente los datos requeridos para llevar un	4.2.1.1	
	control del desempeño de las operaciones.	4.2.1.4	
15.	Incorporar un módulo de indicadores en el WMS que permita medir el desempeño de las operaciones.	4.2.4.1.6	WMS
16.	Hacer el alisto de bultos y el alisto de tarimas desde	4.3.1.3	Alisto, Layout
	zonas separadas.	4.3.1.7	
		4.4.1	
17.	Hacer el alisto de tarimas completas utilizando equipo	4.3.1.3	Alisto, Equipo

tarimas, capaz de transportar 2 tarimas (una sobre otra) simultáneamente, y tener alcance vertical para extraer una tarima de cualquier ubicación de almacenamiento.	4.4.1	de materiales
18. Hacer el putaway utilizando equipo para el manejo de materiales eficiente en el manejo de tarimas, capaz de transportar 2 tarimas (una sobre otra) simultáneamente, y tener alcance vertical para colocar producto en cualquier ubicación de almacenamiento.	4.3.2.2 2.3.2.4 4.4.2	Recepción, Equipo para el manejo de materiales
19. Al existir grandes contrastes entre la popularidad de los artículos, deben de utilizarse distintos sistemas de almacenamiento para las distintas clases de productos en términos de popularidad, los más populares en sistemas que permitan un alto throughput, y los menos populares en sistemas con una elevada densidad.	4.3.3.1 4.3.3.2 4.3.3.3 4.4.3	Sistemas de almacenamiento
20. Zonificar el almacén por popularidad, de modo que los productos más populares se ubiquen en las zonas más cercanas a los andenes, mientras que los menos populares se ubiquen en las zonas más lejanas.	4.3.3.1 4.3.3.2 4.3.3.3 4.4.3	Layout
21. Asignar la cantidad de ubicaciones en el área de alisto para cada producto tomando en cuenta su variabilidad en la demanda diaria, de modo que los productos con mayor variabilidad tengan una menor tasa de llenado, mientras que los productos con menor variabilidad tengan una mayor tasa de llenado.	4.3.3.4	Layout
22. Asignar las ubicaciones de alisto utilizando un criterio de asignación que considere tanto la popularidad como la variabilidad de la demanda diaria, de modo que se reduzcan las distancias totales recorridas.	4.3.3.4	Layout
23. Colocar las tarimas que pertenecen a SKUs de los cuales se tienen más de 3 tarimas en inventario en sistemas de almacenamiento que tengan por lo menos dos posiciones por cada cara perpendicular al pasillo.	4.3.4.2 4.4.4	Sistemas de almacenamiento
24. Colocar las tarimas que pertenecen a SKUs de los cuales se tienen más de 25 tarimas en inventario en sistemas de almacenamiento de alta densidad, tal como el almacenamiento en bloque.	4.3.4.2 4.4.4	Sistemas de almacenamiento
25. No almacenar productos de los cuales se tiene solo una tarima en rack de doble profundidad.	4.3.4.2	Sistemas de almacenamiento
26. Al existir grandes contrastes entre la cantidad de tarimas en inventario de cada uno de los SKUs, deben de	4.3.4.2 4.4.4	Sistemas de almacenamiento

distin en qu tarim	tas clases de productos, poniendo especial énfasis de los productos que tienen una mayor cantidad de las sean colocados en sistemas de almacenamiento permitan una alta densidad.		
	onar la capacidad de almacenamiento de modo que antenga una alta utilización a lo largo de todo el año.	4.3.5.3 4.4.5	Estacionalidad
	zar el alisto de las tarimas completas desde la zona macenamiento semi-permanente.	4.4.1	Alisto
	mentar el interleaving en el manejo de las tarimas mejorar el aprovechamiento de los equipos.	4.4.1 4.4.2	Alisto, Recepción, WMS
asign	ener actualizada la zonificación de los productos, y la ación de los mismos a los sistemas de cenamiento.	4.4.3	Layout, Sistemas de almacenamiento
de a	r la asignación de los SKUs a los distintos sistemas Imacenamiento con base en un criterio lógico y lecido.	4.4.4	Sistemas de almacenamiento
verific	pilar y analizar datos para periódicamente estar cando la existencia de estacionalidades en los tos procesos de la operación.	4.4.5	Estacionalidad, WMS

Una vez que se tienen identificadas las oportunidades de mejora es importante determinar cuáles de ellas son candidatas para ser abordadas durante la segunda parte de esta investigación, la fase de diseño.

Este "filtro" es necesario pues aquellas oportunidades de mejora que se seleccionen deben de tener un nivel de complejidad suficiente para justificar su desarrollo como parte de esta investigación, sin embargo deben de ser realizables por los autores. Por ejemplo la segunda oportunidad de mejora: "Mejorar el WMS de modo que no cometa el error de duplicar las licencias ingresadas", no es algo que pueda ser efectuado dentro del alcance de este proyecto, pues debe de ser realizado por un profesional experto en el área de programación de software.

Con base en lo anterior se han clasificado las oportunidades de mejora en 2 categorías:

- 1) Aquellas oportunidades de mejora que no serán contempladas para ser abordadas durante la fase de diseño por estar fuera del alcance de esta investigación. Esto puede suceder por varias razones, principalmente porque:
 - a. Lo que se debe de hacer (la solución), está definido dentro de la oportunidad de mejora, y por lo tanto el aporte de los autores no es necesario para su desarrollo. Esto no implica que estas oportunidades de mejora no sean importantes o no tengan impacto, lo que significa es que no requieren de un proceso de desarrollo como el necesario para incluirlas dentro de la etapa de diseño, sin embargo es recomendable que sean tomadas en cuenta seriamente por la empresa.
 - b. Para el desarrollo de la oportunidad de mejora se requiere de la participación de profesionales ajenos al campo de la ingeniería industrial. La mayor parte de las oportunidades de mejora que caen dentro de esta categoría se debe a que corresponden a modificaciones que se le deben de hacer al WMS, lo que implica que deben de ser hechas por profesionales en el campo del desarrollo de software. A pesar de que no serán desarrolladas como parte de esta investigación, es imprescindible que algunas de ellas sean realizadas, pues son un requisito necesario para la implementación de las oportunidades de mejora que sí se han seleccionado para ser abordadas durante el diseño.

Las oportunidades de mejora que pertenecen a esta categoría con su respectiva justificación son:

Cuadro 8: Oportunidades de mejora clasificadas como fuera del alcance de la investigación

Número de oportunidad de mejora	Justificación
1	Para establecer citas de recibo la empresa debe de negociar con sus clientes, es una acción que debe de ser implementada, en caso de ser posible, por la empresa.
2	Consiste en una modificación del WMS, por lo que su realización está fuera del campo de estudio de esta investigación.
3	Para no dejar las tarimas almacenadas temporalmente en la zona de recepción

	es preciso que la empresa solucione el problema actual del WMS relativo a la duplicación de los ingresos de producto. Mientras no se haga es necesario dejar el producto para posteriormente revisarlo si se detecta un error. Una vez solucionado el problema del WMS se debe de cambiar esta práctica.
4	Consiste en una modificación del WMS, por lo que su realización está fuera del campo de estudio de esta investigación.
5	Consiste en una modificación del WMS, por lo que su realización está fuera del campo de estudio de esta investigación.
6	La empresa debe asegurarse que los alistadores entiendan la importancia de su labor, y el impacto que esta tiene sobre los otros procesos que se llevan a cabo en el CEDI. La motivación y concientización debe de ser llevada a cabo por la compañía, inclusive evaluando si el modelo de remuneración utilizado actualmente le da la debida importancia a la exactitud en el alisto. Además es importante señalar que esta problemática es en buena medida abordada por las oportunidades de mejora 17, 18 y 30, pues modifican de manera sustancial el proceso de alisto.
7	Consiste en una modificación del WMS, por lo que su realización está fuera del campo de estudio de esta investigación.
8	Consiste en una modificación del WMS, por lo que su realización está fuera del campo de estudio de esta investigación.
9	La eliminación de la revisión que realiza el jefe de alisto es una acción concreta que debe de ser implementada por la compañía, no hay un desarrollo de la oportunidad de mejora que se pueda hacer durante la fase de diseño.
10	Consiste en una modificación del WMS, por lo que su realización está fuera del campo de estudio de esta investigación.
11	La modificación de las dimensiones de las posiciones de los racks de doble profundidad consiste en una acción puntual que tendría que ser realizada por la empresa, sin embargo debido al costo-beneficio de realizar tal modificación el gerente de operaciones ha expresado que no es una alternativa viable de realizar en un mediano plazo, ²⁸ de modo que no se toma en cuenta para la siguiente fase.
14	Consiste en una modificación del WMS, por lo que su realización está fuera del campo de estudio de esta investigación.
15	Consiste en una modificación del WMS, por lo que su realización está fuera del campo de estudio de esta investigación.
27	Debido a que únicamente se tienen disponibles 17 meses de historia para determinar la estacionalidad del inventario, las conclusiones obtenidas al

 28 Externado por el ingeniero Alexander Araya, gerente de operaciones del CEDI, durante panel del 17 de setiembre de 2009.

	respecto no son lo suficiente sólidas como para justificar el desarrollo de esta oportunidad de mejora. Primero es preciso que la compañía recopile datos históricos de un periodo de tiempo más extenso, y de acuerdo con el resultado de su análisis defina si la gestión de la capacidad de acuerdo con la estacionalidad es una opción factible para la compañía.
29	Consiste en una modificación del WMS, por lo que su realización está fuera del campo de estudio de esta investigación.
32	La recopilación y análisis de la información necesaria para la identificación de estacionalidades lo ideal es que sea realizado por el WMS, sin embargo también es posible hacerlo utilizando otras herramientas. En este caso quienes deberían de realizarlo son las personas encargadas de la administración del CEDI.

2) Aquellas oportunidades de mejora que requieren el aporte de los autores para su desarrollo, además su impacto justifica que son seleccionables para ser consideradas durante la etapa de diseño de esta investigación.

2.3.5.2. Selección de las oportunidades de mejora

No se realizó una priorización de las oportunidades de mejora seleccionables, porque se considera que todas son importantes para mejorar el desempeño del CEDI, además tienen un gran impacto (que será explicado a continuación). En su lugar, se hizo una agrupación de esas oportunidades de mejora según su área temática, que permite integrar aquellas que tienen una relación entre sí. Las tres áreas temáticas son:

- Sistemas de almacenamiento: Aquellas oportunidades de mejora que implican un análisis de los sistemas de almacenamiento a utilizar y un estudio de las características de cada SKU para poder asignarlo un sistema de almacenamiento.
- Layout: Aquellas oportunidades de mejora que requieren un rediseño o modificación del layout del almacén.
- Equipos para el manejo de materiales: Aquellas oportunidades de mejora que implican un estudio del tipo y cantidad de los equipos para el manejo de materiales a utilizar dentro de las diversas operaciones.

De esta forma, se obtienen las siguientes tres oportunidades de mejora que serán desarrolladas durante la fase del diseño.

2.3.5.2.1. Implementar una infraestructura de almacenamiento que responda a las necesidades y características de la operación actual del CEDI, especialmente en términos de popularidad y volumen de producto almacenado

Justificación:

Los sistemas de almacenamiento utilizados actualmente en el CEDI no fueron seleccionados con base en un análisis minucioso, y por lo tanto no son los más aptos para las características de los SKUs que se manejan. Como se puede observar en las secciones 2.3.3.3 y 2.3.3.4 existe una gran variabilidad en la cantidad de producto que se mueve de cada uno de los SKUs y de la cantidad de tarimas en inventario que se tiene de cada uno. En ambos casos hay una importante concentración en unos pocos productos, sin embargo a esos productos no se les da el trato "preferencial" que requieren.

Hay productos de los que se tienen más de 100 tarimas almacenadas en rack selectivo, cuando este sistema se recomienda utilizar cuando se tienen 3 tarimas o menos por SKU (Frazelle, 2002b, p. 89). La ventaja del rack selectivo es que permite tener acceso directo a cada una de las ubicaciones de almacenamiento (la profundidad es de solo una posición), sin embargo el inconveniente que tiene es que se requiere destinar una gran porción del espacio disponible para utilizar como pasillos (aproximadamente un 60 % según Napolitano (2003, p. 68)). Por lo tanto, para productos de los que se tienen varias tarimas en inventario, es mejor utilizar sistemas de almacenamiento que tienen varias posiciones de profundidad, pues no se necesita que todas las tarimas estén directamente accesibles, ya que todas contienen el mismo producto. El tener varias posiciones de profundidad permite que el área destinada a pasillos sea menor, y por lo tanto se logra una mayor densidad de almacenamiento. Con base en esto es que se afirma que un producto del que se tienen más de 100 tarimas en inventario no debe ser almacenado en rack selectivo, sino en algún sistema que permita una mayor densidad de almacenamiento.

El principal rubro de costos del CEDI es el alquiler que se paga por el edificio, el cual representa un 40 %²⁹ del costo total de operación. Por lo tanto, cualquier esfuerzo por aumentar la densidad de almacenamiento es importante, principalmente si se toma en cuenta que se tiene demanda de clientes insatisfecha por falta de capacidad en términos de posiciones de almacenamiento.

Aquellos productos de los cuales se tiene una gran cantidad de tarimas en inventario deben de ser almacenados en sistemas que permitan una alta densidad de almacenamiento, y debido a que la mayoría de esos productos también tienen un alto nivel de movimiento cúbico esos sistemas deben de permitir un throughput alto, o por lo menos moderado.

Por lo tanto, las acciones a realizar por medio de esta oportunidad de mejora son:

- 1. Asignar cada producto a un sistema de almacenamiento según su popularidad. 30
 - Los productos más populares deben de ser almacenados en un sistema de almacenamiento que permita un alto throughput.
 - Los productos menos populares deben de ser almacenados en un sistema de almacenamiento con una elevada densidad.
- Asignar cada producto a un sistema de almacenamiento según su cantidad de tarimas en inventario.³¹
 - Almacenar los productos que tienen más de 3 tarimas en inventario en un sistema de almacenamiento que tenga por lo menos dos posiciones por cada cara perpendicular al pasillo.
 - Almacenar los productos que tienen más de 25 tarimas en inventario en un sistema de almacenamiento de alta densidad (p. ej. almacenamiento en bloque).
 - No almacenar productos de los cuales se tiene solo una tarima en rack de doble profundidad.

³¹ Las oportunidades de mejora consideradas son la 23, la 24, la 25 y la 26 del cuadro 7.

²⁹ Externado por el ingeniero Alexander Araya, gerente de operaciones del CEDI, durante entrevista del 2 de setiembre de 2009.

³⁰ Las oportunidades de mejora consideradas son la 19 y la 31 del cuadro 7.

Impacto:

- Al utilizar sistemas de almacenamiento que permitan una mayor densidad de almacenamiento se lograría aumentar la capacidad que tiene el CEDI, esto permitiría incrementar los ingresos al manejarse una mayor cantidad de producto, y a su vez permitiría reducir el costo unitario de cada bulto almacenado, pues los costos fijos (incluyendo el alquiler del edificio) se distribuirían entre una cantidad mayor de producto.
- 2. El almacenamiento en bloque es una buena alternativa para el CEDI, pues permite una densidad de almacenamiento elevada, el throughput también es alto y no requiere de ninguna inversión (Frazelle, 2002b, p. 96). Además permite una gran flexibilidad en el uso del espacio, pues si en el futuro se desea, fácilmente se puede instalar otro tipo de sistema de almacenamiento en esa área.
- 3 Los sistemas de almacenamiento que permiten una mayor densidad de almacenamiento, tal como el almacenamiento en bloque, requieren el uso de equipo para el manejo de materiales eficiente en el manejo de tarimas y que tenga alcance vertical para colocar producto en los niveles superiores, de modo que la utilización de los montacargas y apiladores se incrementaría.

2.3.5.2.2. Diseñar un *layout* de las instalaciones que permita una mayor densidad de almacenamiento y una mayor productividad en los procesos

Justificación:

Según el análisis de la sección 2.3.3.1.3 el 72 % de los viajes de alisto corresponden al alisto de tarimas completas, sin embargo la mayor parte del alisto lo realizan los alistadores con carretillas desde la zona de alisto de bultos, que son las ubicaciones del primer nivel de los racks del Almacén 1 (ver sección 2.3.2.3.1.3), esto ocasiona que solo se puedan alistar las tarimas que están ubicadas en la zona de alisto, además de que la velocidad de alisto sea menor, pues una carretilla no viaja a la misma velocidad que un montacargas. Además como el alisto se hace por los mismos pasillos por los que transitan los montacargas para colocar y extraer las tarimas de la zona de

almacenamiento semi-permanente, los montacargas deben de viajar más despacio y con cuidado para evitar un accidente con los alistadores.

Por otra parte, en el CEDI actualmente no existe una zonificación formal, sin embargo sí se procura que los productos de la misma familia queden en el mismo pasillo (o pasillos en caso de que no quepan en un solo pasillo). Esto significa que los productos más populares pueden no estar colocados en las ubicaciones más cercanas a la zona de despacho, lo que repercute en mayores distancias recorridas y mayores tiempos de alisto.

Finalmente según el estudio de la sección 2.3.2.3.4 en el proceso de recepción la zona de recepción no se encuentra adyacente a la zona de almacenamiento, además en el proceso de alisto de tarimas completas la zona de almacenamiento semi-permanente tampoco se encuentra cerca de la zona de despacho, esto aumenta las distancias que se deben recorrer, en el caso de la recepción para llegar desde la zona de recepción hasta la Zona 2 se debe pasar por la Zona de Racks teniendo que recorrer aproximadamente 75 m más, y en el caso del alisto de tarimas completas para llegar desde la Zona 2 hasta la zona de despacho se debe pasar por el Almacén 1 teniendo que recorrer aproximadamente 64 m más. Como consecuencia el tiempo invertido en cada operación se incrementa y el uso de los equipos para el manejo de materiales también se aumenta. De esta forma, es importante que "los procesos contiguos deben estar ubicados cerca entre sí" (Frazelle, 2002b, p. 198).

Por lo tanto, las acciones a realizar por medio de esta oportunidad de mejora son:

- 1. Realizar el alisto de bultos y el alisto de tarimas desde zonas separadas. 32
 - Hacer el alisto de bultos desde una zona de alisto de bultos.
 - Hacer el alisto de tarimas desde la zona de almacenamiento semi-permanente.
- Zonificar el almacén considerando tanto la popularidad como la variabilidad de la demanda diaria de cada producto.³³

³² Las oportunidades de mejora consideradas son la 16 y la 28 del cuadro 7.

³³ Las oportunidades de mejora consideradas son la 13, la 20, la 21, la 22 y la 30 del cuadro 7.

- Zonificar el almacén por popularidad, de modo que los productos más populares se ubiquen en las zonas más cercanas al área de despacho, mientras que los menos populares se ubiquen en las zonas más lejanas.
- Asignar la cantidad de ubicaciones en la zona de alisto para cada producto tomando en cuenta su variabilidad en la demanda diaria, de modo que los productos con mayor variabilidad tengan una menor tasa de llenado, mientras que los productos con menor variabilidad tengan una mayor tasa de llenado.
- Mantener actualizada la zonificación de los productos.
- 3 Rediseñar la ubicación de cada zona de acuerdo con los criterios de adyacencia: colocar los procesos consecutivos en zonas adyacentes.³⁴

Impacto:

- Al hacer el alisto de las tarimas directamente desde el área de almacenamiento semi-permanente se eliminaría la necesidad de destinar una zona separada para el alisto de tarimas, por lo que se lograría mejorar la densidad de almacenamiento del almacén. Además se eliminaría la necesidad de reabastecer la zona de alisto de tarimas, ya que el 64,5 % de los bultos alistados corresponden a tarimas completas, se reducirían las labores de reabastecimiento.
- 2. Al separarse las zonas de alisto de tarimas y de alisto de bultos, en la zona de alisto de tarimas no deben de circular carretillas, esto permite que los montacargas viajen a una mayor velocidad sin exponerse a un accidente con los alistadores; de modo que al incrementar la velocidad de alisto se reduciría el tiempo de alisto. Por otra parte, la zona de alisto de bultos estaría diseñada para facilitar esta labor, los bultos deben de estar en posiciones más accesibles y las distancias por recorrer deben de ser menores, pues la cantidad de producto almacenado en esa área sería menor, por lo que el área sería pequeña; de modo que al reducir la distancia recorrida se disminuiría el tiempo de alisto y se incrementaría la productividad del alisto.
- 3. Al zonificar el almacén por popularidad de acuerdo con datos estadísticos sobre el comportamiento de cada uno de los SKUs es posible reducir las distancias

³⁴ La oportunidad de mejora considerada es la 12 del cuadro 7.

- recorridas, ya que se colocarían los productos más populares en las zonas más cercanas al área de despacho. La reducción en el recorrido también disminuye el tiempo de alisto y el desgaste de los equipos para el manejo de materiales.
- 4. Si se realizara el alisto de tarimas desde la zona de almacenamiento semipermanente sería importante zonificar por popularidad para asegurarse que las distancias recorridas sean las mínimas posibles. Si los productos están mal zonificados se puede pagar un costo importante debido al exceso de recorridos, extracción de tarimas desde ubicaciones de difícil acceso (como el nivel superior de un rack), con el consecuente impacto negativo sobre la eficiencia del alisto.
- 5. Si se realizara el alisto de bultos y el alisto de tarimas desde zonas separadas, la carga de trabajo de los equipos, tanto equipo humano como equipos para el manejo de materiales, podría verse afectada. En el caso del alisto de tarimas se requeriría el uso de los montacargas, que son capaces de llevar dos tarimas (una sobre otra) simultáneamente y que tienen el alcance vertical para colocar y extraer tarimas que se encuentran en los niveles superiores, mientras que las carretillas no cuentan con esta capacidad, por eso la utilización de los montacargas se aumentaría.
- 6. Al rediseñar la ubicación de cada zona de acuerdo con los criterios de adyacencia, se garantizaría que los procesos contiguos estén cerca entre sí, por lo tanto se disminuirían las distancias recorridas de un proceso al siguiente. De esta forma, en el aspecto de las operaciones se reduciría el tiempo demorado por tener que recorrer más distancia; y en el aspecto de los equipos para el manejo de materiales se conseguiría una reducción en el desgaste de los equipos y en los costos tanto de mantenimiento como de consumo de electricidad.
- 2.3.5.2.3. Utilizar equipo para el manejo de materiales acorde con los requerimientos de cada actividad, adecuado tanto en términos de tipo como de cantidad

Justificación:

Esta oportunidad de mejora es necesaria para la implementación de las dos oportunidades de mejora anteriores, ya que cualquier modificación de los sistemas de

almacenamiento y cualquier propuesta de zonificación impactan sobre el tipo y la cantidad de equipo para el manejo de materiales que se debe de utilizar. 35

En el caso del alisto de tarimas completas directamente desde la zona de almacenamiento semi-permanente se requiere del uso de equipo para el manejo de materiales que tenga la capacidad de acceder a todas las ubicaciones, indistintamente de si sea el primer nivel o el nivel superior, además que sea eficiente en el manejo de tarimas y capaz de transportar 2 tarimas (una sobre otra) simultáneamente. Mientras que en el caso del alisto de bultos se pueden utilizar las carretillas siempre y cuando los productos se encuentran a nivel de piso.

Impacto:

- 1 Los montacargas y los apiladores tienen la capacidad de transportar dos tarimas simultáneamente, una encima de la otra, mientras que una carretilla no puede hacer esto, por lo que si se alista con montacargas o con apilador es posible reducir la cantidad de viajes realizados, lo que implica una reducción en la distancia recorrida y por lo tanto en el tiempo de alisto, sin embargo también implica un aumento de la carga de trabajo de estos equipos.
- 2 Una carretilla no viaja a la misma velocidad que un montacargas o un apilador, por lo tanto la utilización de los montacargas o apiladores permite aumentar la velocidad de alisto, y por ende reducir el tiempo de alisto.
- 3 Una carretilla únicamente puede colocar y extraer las tarimas que se encuentran a nivel de piso, por lo que para los sistemas de almacenamiento que tienen tarimas estibadas a varios niveles de altura, es necesario utilizar un equipo con un mayor alcance vertical, tales como los montacargas y los apiladores. Por lo tanto, al utilizar montacargas y apiladores las tarimas podrían ser colocadas en las ubicaciones cuando lo requieran, de esta forma se reducirían los pasillos obstruidos por tarimas que deben ser colocadas en los niveles superiores y se garantizaría el libre tránsito.

³⁵ Las oportunidades de mejora consideradas son la 17 y la 18 del cuadro 7.

Mediante el desarrollo de la fase de diseño se realizaron diversas actividades que tienen el fin de encontrar soluciones que respondan a las oportunidades de mejora identificadas en la fase de diagnóstico.

3.1. Objetivos del diseño

A continuación se presentan los objetivos que se busca alcanzar durante el desarrollo de la fase de diseño.

3.1.1. Objetivo general del diseño

Diseñar un modelo de gestión de la infraestructura de almacenamiento del CEDI de acuerdo con las características de su operación, que permita incrementar la capacidad de almacenamiento y reducir el gasto operativo unitario.

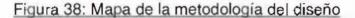
3.1.2. Objetivos específicos del diseño

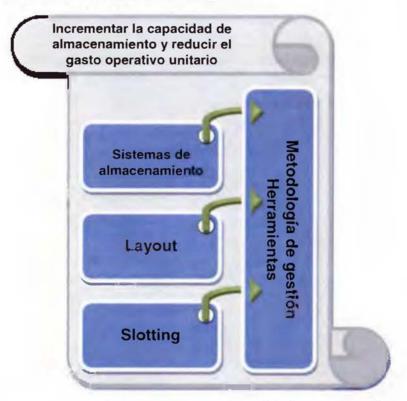
- Implementar la utilización de sistemas de almacenamiento que respondan a las necesidades y características de la operación actual del CEDI, especialmente en términos de popularidad y volumen de producto almacenado.
- Diseñar un layout de las instalaciones que permita una mayor densidad de almacenamiento y una mayor productividad en los procesos.
- Desarrollar una metodología que permita mantener en el tiempo las mejoras logradas en el aprovechamiento de la infraestructura de almacenamiento.

3.2. Metodología del diseño

El primer objetivo consiste diseñar los sistemas de almacenamiento tomando en cuenta la popularidad y volumen de producto almacenado, mientras que el segundo objetivo consiste en diseñar un *layout* de las instalaciones tomando en cuenta la productividad y densidad de almacenamiento, además el *slotting* de los SKUs según sus características. Estas soluciones deben ser evaluadas periódicamente para determinar si los sistemas de almacenamiento propuestos, el *layout* de las instalaciones diseñado

y el slotting de los SKUs definido siguen respondiendo a las necesidades y características de la operación del CEDI o requieren modificaciones, razón por la cual se desarrolla el tercer objetivo que consiste en elaborar una metodología y herramienta para el uso del CEDI durante la evaluación periódica, con el objetivo de mantener en el tiempo las mejoras logradas por medio del desarrollo de esta investigación. Esta metodología puede ser visualizada mediante el siguiente mapa.





El anexo 8 presenta un cuadro que muestra los objetivos específicos de la fase de diseño, y para cada objetivo se detallan las actividades que se han realizado, las herramientas que se han utilizado, y los resultados obtenidos.

3.2.1. Metodología del primer y segundo objetivo del diseño

En un principio la selección de los sistemas de almacenamiento y la asignación de los productos a estos se consideró como un objetivo, y la definición del *layout* de la bodega y el *slotting* de los productos como otro. Sin embargo, cuando se empezaron a desarrollar fue evidente que su interrelación es tan estrecha que no es posible hacerlos

de manera independiente. La selección de los sistemas de almacenamiento más adecuados depende de la geometría del almacén, pues se deben de tomar en cuenta las limitaciones existentes. Y por otro lado, para definir el *layot* es necesario saber cuáles son los sistemas de almacenamiento que se deben de instalar. Por esta razón los dos primeros objetivos no se pudieron realizar de manera secuencial, sino que fue necesario hacerlo de forma simultánea, y por lo tanto dentro del diseño se han agrupado en una sola sección.

Otra de las modificaciones que se realizaron a lo largo del desarrollo fue que a pesar de que inicialmente se planeó completar estos dos objetivos de primero, durante su desarrollo se determinó que era mejor construir las herramientas para la evaluación de los sistemas de almacenamiento, y para la evaluación de la zona de alisto primero. De esta manera fue posible utilizarlas durante el proceso de selección de los sistemas de almacenamiento, y de asignación de los productos a estos.

En lo que respecta a estos dos objetivos, lo primero que se hizo fue analizar el comportamiento de popularidad y de tarimas en inventario para cada uno de los SKUs. Posteriormente se investigó en las referencias bibliográficas cuales son los sistemas más aptos para cada producto según las características identificadas.

Luego se utilizó la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos" para determinar la cantidad de ubicaciones que era preciso destinar para el alisto de bultos.

Posteriormente se utilizó la "Herramienta para la selección y evaluación de sistemas de almacenamiento" para identificar cuál sería el sistema de almacenamiento óptimo de cada producto si se analiza de manera individual. A partir de esta información, y utilizando el plano de las instalaciones construido durante la fase de diseño, se empezaron a evaluar posibles *layouts*.

Cada *layout* tiene una determinada configuración de sistemas de almacenamiento. Esta configuración se evaluaba utilizando la herramienta mencionada en el párrafo anterior, y con esto se tenía una serie de variables de salida que permitían ir eligiendo las mejores alternativas y probando con nuevas modificaciones.

De las configuraciones probadas se eligieron diez, las cuales se analizaron con más detalle en término de las variables operativas (flujo y facilidad de realizar el proceso de alisto de bultos), y las variables financieras (inversión y rentabilidad). Con base en este análisis se eligió el mejor *layout*, y se realizó el *slotting* de los productos, tanto en lo que respecta a su colocación dentro del área de alisto de bultos, como en lo concerniente a la asignación de cada SKU a uno de los sistemas de almacenamiento elegidos.

Durante esta etapa también se identificaron las modificaciones que sería necesario realizar en el WMS para poder implementar este *layout*, y los equipos para el manejo de materiales con que se tendría que contar.

3.2.2. Metodología del tercer objetivo del diseño

Como ya se indicó anteriormente, la primera parte de este objetivo fue lo primero que se realizó de la fase de diseño, específicamente consistió en desarrollar las herramientas en Excel.

Para la programación de estas herramientas lo primero que se hizo fue identificar las funcionalidades que debían de poseer. Posteriormente se desarrollaron los algoritmos de solución que iban a utilizar, esto consiste en la secuencia lógica de cálculos que debían ejecutar.

Luego se probó su funcionamiento y se fueron perfeccionando de acuerdo con las debilidades detectadas. Por último se confeccionaron los manuales de usuario, que deben servir de apoyo al personal de la empresa cuando las utilice.

De forma paralela se redactó una detallada metodología del proceso de construcción y análisis de los perfiles operativos utilizados en la fase de diagnóstico que son importantes para la gestión de la infraestructura de almacenamiento.

Por último se desarrolló una metodología general para la gestión de la infraestructura de almacenamiento. Esta se divide en tres etapas, la planificación, la implementación y el mantenimiento. En las etapas en que corresponde se hace referencia a las herramientas y metodologías específicas que se desarrollaron.

3.3. Desarrollo del diseño

A continuación se describe la manera en que se llevaron a cabo y los resultados obtenidos de cada uno de los objetivos planteados para la fase de diseño. Por las razones explicadas en la sección anterior lo primero que se presenta es el desarrollo de las herramientas, seguido por la selección de la selección los sistemas de almacenamiento y del *layout*, y por último se presenta la metodología de gestión de la infraestructura de almacenamiento.

3.3.1. Diseño de las herramientas

Fue necesario programar dos herramientas diferentes, una para la selección y evaluación de los sistemas de almacenamiento, la cual se enfoca en el almacenamiento semi-permanente de los productos, y otra para el diseño y evaluación de la zona de alisto de bultos, la cual como su nombre indica se enfoca en el alisto.

Se consideró mejor desarrollarlas de forma independiente para que su uso por parte del usuario sea más sencillo, y porque la información que utilizan como insumo es diferente.

3.3.1.1. Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento

De acuerdo con el análisis realizado durante la fase de diagnóstico, una de las principales oportunidades de mejora consiste en la implementación de una infraestructura de almacenamiento que responda a las características actuales de la operación. Para seleccionar la infraestructura de almacenamiento que más se ajusta a los requerimientos presentes del CEDI fue necesario el desarrollo de una herramienta que sirviera como ayuda en la selección y evaluación de las distintas alternativas.

Esta herramienta fue construida utilizando el programa informático Microsoft Excel, y los principales módulos que contiene son:

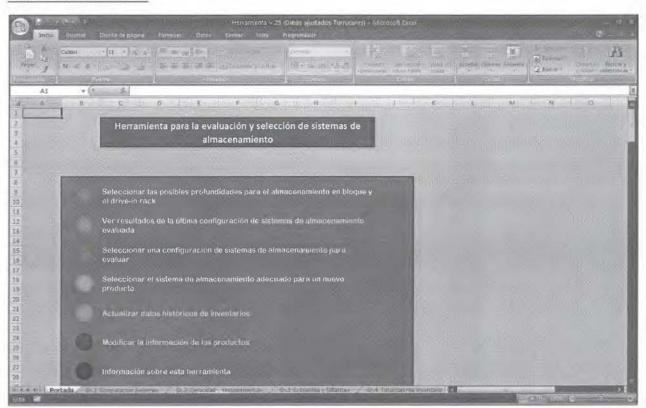
 Determinación del sistema de almacenamiento óptimo para cada producto y cálculo de la cantidad de ubicaciones necesarias de cada sistema de almacenamiento

- Evaluación del resultado de utilizar una determinada configuración de sistemas de almacenamiento
- Evaluación financiera de realizar un cambio en la infraestructura de almacenamiento
- 4) Selección del sistema de almacenamiento óptimo para un nuevo producto

Estos módulos sirven como soporte para la toma de decisiones respecto a la infraestructura de almacenamiento, de modo que se logre un mejor aprovechamiento de la misma, y por lo tanto una mayor rentabilidad.

En la siguiente figura se observa la pantalla inicial donde el usuario selecciona que desea hacer.

Figura 39: Menú principal de la herramienta para la selección y evaluación de sistemas de almacenamiento



A continuación se explica en detalle el funcionamiento de cada uno de los módulos.

3.3.1.1.1. Determinación del sistema de almacenamiento óptimo para cada producto y cálculo de la cantidad de ubicaciones necesarias de cada sistema de almacenamiento

Este primer módulo permite evaluar distintos sistemas de almacenamiento, y determinar cuál es el óptimo para cada uno de los productos, además calcula cuántas ubicaciones³⁶ de cada uno de los sistemas sería necesario tener para poder colocar cada producto en el sistema de almacenamiento que se determinó era el óptimo. También permite calcular cuántas ubicaciones sería necesario instalar de modo que sean suficientes en un determinado porcentaje de los días (si por ejemplo se desea conocer la cantidad de ubicaciones que sería necesario tener para que sean suficientes en un 80 % de los días).

La herramienta permite evaluar como posibles sistemas de almacenamiento el rack selectivo, el rack de doble profundidad, el almacenamiento en bloque con cualquier profundidad de *lane* mayor o igual a 3 y menor o igual a 100^{37} (se pueden evaluar múltiples profundidades simultáneamente), y el *drive-in* rack con profundidad de *lane* mayor o igual a 5 y menor o igual a 100^{38} (se pueden evaluar múltiples profundidades simultáneamente).

A pesar de que en el diagnóstico también se mencionaron como alternativas el *push-back* rack y el *flow* rack aquí no se han tomado en cuenta, pues son sistemas que permiten una densidad de almacenamiento menor que el *drive-in* rack, y tienen un

³⁶ Una ubicación corresponde a la cantidad mínima de posiciones de tarima que se pueden asignar en un sistema de almacenamiento sin que se desperdicien posiciones. Por ejemplo una ubicación de rack selectivo tiene una posición, mientras que una ubicación de rack de doble profundidad tiene dos posiciones.

³⁷ Se ha seleccionado 3 como profundidad mínima de *lane* pues el principal objetivo del almacenamiento en bloque es minimizar la cantidad de espacio dedicado a pasillos, sin embargo si se utiliza una profundidad menor a 3 la cantidad de espacio dedicado a pasillos es igual que en el caso del rack de doble profundidad. El valor máximo de 100 se estableció pues por la forma de cálculo de la hoja era preciso definir un valor máximo, y se considera que es prácticamente imposible que sea necesario instalar un *lane* de más de 100 posiciones de profundidad.

³⁸ Frazelle sugiere como profundidad mínima en el *drive-in* rack 5 posiciones y por eso se ha utilizado ese valor (2002b, p. 91). En el caso de la profundidad máxima aplica la misma consideración que para el almacenamiento en bloque.

costo por posición de 3,6 veces el del *drive-in* rack (esta información fue obtenida de la cotización que realizó la empresa Vértice a Grupo Servica el 11 de setiembre del 2009).

La selección de cuál es el sistema de almacenamiento óptimo se toma con base en la densidad de almacenamiento que permite cada sistema para cada producto, esta se mide en términos de tarimas almacenadas por metro cuadrado ocupado. En el cálculo del área necesaria se contempla tanto el área de la ubicación propiamente como el área necesaria para pasillos.

A continuación se muestra de manera esquemática la lógica que sigue el módulo.

Figura 40: Lógica del módulo 1

Para cada producto: convertir el inventario de bultos a inventario de tarimas

Para cada producto: calcular la cantidad de m² necesarios cada día para almacenar el inventario de ese producto en cada uno de los posibles sistemas de almacenamiento

Para cada producto: calcular el promedio ponderado de densidad de almacenamiento para cada uno de los sistemas evaluados

Para cada producto: seleccionar las 3 mejores alternativas de acuerdo a la densidad de almacenamiento ponderada conseguida

Para cada día: calcular la cantidad de ubicaciones necesarias de cada sistema para almacenar todos los productos en su respectivo sistema óptimo

Para cada sistema: calcular la cantidad de ubicaciones necesarias para almacenar todos los productos asignados a ese sistema en un determinado porcentaje de los días

Debido a que el inventario se maneja en unidades de bultos lo primero que se debe de hacer es convertirlo a unidades de tarimas, esto se logra dividiendo la cantidad de bultos en inventario de cada producto por la cantidad de bultos que caben en una tarima de ese producto.

Posteriormente se calcula la cantidad de m² que hubieran sido necesarios para almacenar esa cantidad de producto en ese sistema de almacenamiento. Este cálculo se hace para cada producto en cada uno de los sistemas de almacenamiento. El dato incluye tanto el área donde se hubieran colocado las tarimas como el área de pasillos necesaria para tener esa ubicación.³⁹

En este punto es importante señalar una consideración que se ha tomado en cuenta al calcular el espacio necesario para el almacenamiento en bloque y el drive-in rack. Estos son sistemas adecuados para almacenar muchas tarimas en una sola ubicación, por lo que es de esperar que de los productos de los cuales se tienen pocas unidades no se almacenen en alguno de estos sistemas, sino más bien en un rack selectivo o en un rack de doble profundidad. Sin embargo, sucede que hay SKUs de los cuales durante algunos periodos el nivel de inventario es muy elevado, pero durante otros periodos el inventario se reduce a niveles cercanos a cero. En estos casos lo ideal sería almacenar el producto en sistemas de alta densidad cuando hay muchas tarimas en inventario, y cuando hay muy poco producto pasarlo a otro sistema que tenga menos posiciones por ubicación, y por lo tanto el efecto de honeycombing sea menor. La herramienta toma eso en cuenta, por lo tanto cuando de un producto hay menos de cierta cantidad de tarimas (6 en el caso de almacenamiento en bloque y 5 en el caso del drive-in rack40) se supone que estas no se almacenarían en un sistema de alta densidad, sino que se trasladarían a rack de doble profundidad o rack selectivo. Si no se hiciera este ajuste, la densidad de almacenamiento en los sistemas de alta densidad para los productos donde sucede este fenómeno se vería muy afectada, a pesar de que en la realidad no sucedería así, pues los operarios trasladarían esas tarimas a un sistema de menor densidad. De esta manera el modelo describe más certeramente la realidad, y por lo tanto permite obtener mejores resultados.

-

³⁹ Si por ejemplo una ubicación mide 2 m de ancho por 3 m de profundidad y el ancho de pasillo es de 3,2 m el área necesaria es 9,2 m². El área donde van las tarimas es 6 m², y el área de pasillos es 3,2 m² (2 m de frente por 3,2 m de ancho entre 2, pues el pasillo tiene una ubicación a cada lado).

⁴⁰ Estos valores corresponden a ¼ parte de la ubicación mínima que se puede tener en cada sistema de almacenamiento. Se han elegido pues se considera factible que cuando los operarios vean más de ¾ de la única ubicación asignada a un producto vacía, trasladen esas tarimas a un sistema de menor densidad.

Una vez que se ha determinado el área necesaria para cada producto, en cada día, en cada sistema de almacenamiento, el siguiente paso es calcular el promedio ponderado de la densidad de almacenamiento de cada una de las combinaciones productosistema de almacenamiento. Este dato se calcula sumando las tarimas en inventario que se tenían cada día de ese producto, y dividiendo ese valor entre la suma de los m² necesarios cada día para almacenar ese producto en ese sistema.

Posteriormente es posible seleccionar el sistema de almacenamiento óptimo para cada producto. El sistema óptimo será el que tenga el valor más alto de tarimas/m². Además se determinan la segunda y tercer mejor alternativa, las cuales podrán ser usadas como referencia en caso de que sea necesario ubicar ese producto en un sistema de almacenamiento distinto al que se determino como óptimo.

Es importante aclarar que el hecho de que un sistema de almacenamiento sea el óptimo para un producto no implica que lo mejor sería colocarlo en ese sistema, esto por cuanto ese cálculo no toma en cuenta la interacción existente entre los distintos productos.

Limitación:⁴¹ al determinar el sistema de almacenamiento óptimo para cada producto se supone que la cantidad de ubicaciones de cada sistema es variable en el tiempo, pues para el cálculo de la densidad de almacenamiento de cada día solo se toman en cuenta las ubicaciones que hubiera sido necesario utilizar para almacenar las tarimas de ese producto. Sin embargo, la cantidad de ubicaciones de cada sistema es fija en el tiempo, al menos en el corto plazo, y aunque la ubicación esté vacía igual sigue ocupando espacio.

Esto implica que colocar cada producto en el sistema de almacenamiento calculado como óptimo no necesariamente resulta en el óptimo global. Si por ejemplo se está analizando un almacén con dos productos: A y B, de los cuales hay la siguiente cantidad de tarimas por día:

169

⁴¹ Cada vez que se vaya a explicar una limitación de la herramienta será claramente indicado, de modo que el lector lo pueda identificar fácilmente.

Cuadro 9: Tarimas en inventario por día de los productos A y B

Día	Producto A	Producto B	
1	2	0	
2	1	1	
3	2	0	
4	0	1	
Sistema óptimo	Rack de doble profundidad	Rack selectivo	

Al calcular el sistema de almacenamiento óptimo para cada uno de los productos por separado se obtiene que es el rack de doble profundidad para el producto *A* y rack selectivo para el producto *B*, sin embargo al analizar los dos productos en conjunto es obvio que es mejor colocar 2 posiciones de rack selectivo, pues con estas 2 posiciones es suficiente para almacenar todas las tarimas todos los días, mientras que si cada producto se coloca en su sistema de almacenamiento óptimo sería necesario tener 2 posiciones en rack de doble profundidad y 1 posición en rack selectivo. Este ejemplo claramente no es real, pero demuestra como el colocar cada producto en su sistema de almacenamiento óptimo no implica que se logre el óptimo global del almacén.

El problema radica en que es prácticamente imposible determinar el óptimo global, sería necesario probar todas las combinaciones producto-sistema de almacenamiento. En el caso de Grupo Servica hay aproximadamente 250 SKUs, y si se evalúan 6 sistemas de almacenamiento (rack selectivo, rack de doble profundidad, dos profundidades de almacenamiento en bloque y dos profundidades de *drive-in* rack), hay un total de 3,45 x 10¹⁹⁴ combinaciones. Aún probando todas las posibles combinaciones no se puede asegurar que se encontró el óptimo global, pues este depende de la secuencia en que se dieron los movimiento de tarimas dentro del almacén. Los siguientes dos escenarios demuestra porque el sistema de almacenamiento óptimo depende de la secuencia de movimientos:

 Se tienen 2 tarimas del producto, luego ingresa 1 más y posteriormente se alista 1, el inventario final es de 2 tarimas. Si se hubiera almacenado en rack de doble

- profundidad se habrían necesitado 4 posiciones (2 ubicaciones), mientras que si se hubiera almacenado en rack selectivo solo hubiesen sido necesarias 3, por lo tanto el sistema óptimo es el rack selectivo.
- 2) Se tienen 2 tarimas del producto, luego se alista 1 y posteriormente ingresa 1 más. Si se hubiera almacenado en rack de doble profundidad se habrían necesitado 2 posiciones (1 ubicación), igual cantidad que si se hubiese almacenado en rack selectivo, pero como el rack de doble profundidad permite una mayor densidad de almacenamiento este es el sistema óptimo.

El ejemplo anterior demuestra que para conocer cuál es el óptimo global de la asignación de productos a sistemas de almacenamiento es preciso conocer la secuencia exacta de movimientos que se dieron dentro del almacén, y luego probar esta secuencia con cada una de las 3,45 x 10¹⁹⁴ combinaciones.

Esto es claramente imposible, primero porque en el caso de Grupo Servica no se conoce la secuencia exacta de movimientos que se dieron dentro del almacén, y segundo porque se necesitarían 5,02 x 10¹⁸⁶ hojas de Excel solo para almacenar los resultados de todas las posibles combinaciones producto-sistema de almacenamiento.

En vista de lo anterior se considera como aceptable la limitación de que la herramienta solo permita determinar el óptimo individual de cada producto, y no el óptimo global.

Una vez que se ha determinado el sistema de almacenamiento óptimo para cada producto, el siguiente paso consiste en calcular la cantidad de ubicaciones de cada sistema que hubiese sido necesario tener en cada día para almacenar la totalidad de los productos para los cuales ese es el sistema de almacenamiento óptimo. Esto se hace agrupando los productos de acuerdo al sistema que se calculó era el óptimo para cada uno, y luego sumando las ubicaciones necesarias para cada producto. En el cálculo se toma en cuenta el hecho de que no se pueden combinar distintos SKUs en una sola ubicación, por ejemplo en el rack de doble profundidad no puede haber un SKU en la posición de atrás y otro en la posición del frente.

El último paso consiste en calcular la cantidad de ubicaciones que sería necesario tener de cada uno de los sistemas de almacenamiento para dar abasto a la demanda de capacidad en un determinado porcentaje de los días. Ese porcentaje es

determinado por el usuario. Lo que se hace es que se calcula el percentil correspondiente de la serie de datos que componen las ubicaciones necesarias por día de cada uno de los sistemas.

Este valor es útil, pues es posible que para un determinado sistema de almacenamiento sea deseable tener una capacidad inferior a la demanda máxima de posiciones en ese sistema, pues de esta forma se logra una mayor utilización de ese espacio. Principalmente en el caso de los sistemas de almacenamiento que tienen muchas posiciones por ubicación (almacenamiento en bloque y drive-in rack con profundidades de lane considerables) es recomendable tener una capacidad inferior a la demanda máxima, de modo que se logre una alta utilización del espacio, pues en estos casos el efecto honeycombing es mayor que en otros sistemas.

Por ejemplo, una ubicación de almacenamiento en bloque de profundidad 15 llena a la mitad implica que se están desaprovechando 60 posiciones (suponiendo un ancho de 2 posiciones y una estiba de 4 tarimas), mientras que una ubicación de 5 de profundidad llena a la mitad implica 20 posiciones desaprovechadas. Obviamente es preferible tener vacía media posición de profundidad 5 que de profundidad 20. Por eso se busca que la cantidad de ubicaciones de los sistemas de almacenamiento de alta densidad sean suficientes en un porcentaje menor de los días que en el caso de los sistemas de almacenamiento de menor densidad, tal como es el rack de doble profundidad. Mediante este módulo el usuario puede conocer la cantidad de ubicaciones necesarias de cada sistema de almacenamiento para que sean suficientes en el porcentaje de lo días que él defina, y luego usar este valor como referencia en el diseño de la infraestructura de almacenamiento.

En las siguientes imágenes se muestran las dos hojas donde se presentan los resultados, en la primera se presenta el sistema de almacenamiento óptimo para cada uno de los productos, mientras que en la segunda está la información de la cantidad de lanes necesarios de cada uno de los sistemas de almacenamiento de acuerdo con el

porcentaje 42 elegido por el usuario, así como otra información de la configuración resultante.

Figura 41: Pantalla donde se muestra el sistema de almacenamiento óptimo para cada producto

Código	Descripción	Sistema de almacenamiento	Profundidad
31773AB	Hig. Nevax 1000 24X1	AlmBloque	15
1186295	PANALTIPO TELA MED 4X50	Drive_in_Rack	20
11111AG	Hig. Nevax 1000 12x4	Alm. Bloque	12
35000AA	HIG NEVAX 12/2 1000 TWO PACK	AlmBloque	13
11925AA0C	Hig NEVAX 450 HD 12 X 4 s manzanilla	AlmBloque	18
31778AF	Hig. Nevax 1000 12x4 Aroma.	AlmBloque	12
36022AA	HIGIENICO NEVAX 1000 6 X 6 Aroma	AlmBloque	10
66861AF	PD Saba Trad.Reg 24*45's	Drive_in_Rack	17
36004AA0C	HIG FLEN 1000 HS 24 X 1	AlmBloque	3
31910AC	HIG FLEN 1000 HJAS	AlmBloque	10
36044AA	Hig. Nevax 550HD 12x4	AlmBloque	13
1186305	PANAL TIPO TELA GR 4X50.	Rack_Doble	2
30033AA	Serv. Velvet Dispenser 24 x100	AlmBloque	10
36020AA	TOALLA NEVAX COCINA 150 HOJAS	AlmBloque	8
31771AC	Hig. Nevax 1000 6x6	AlmBloque	8
80327AA	TESSY BABIES PLUS GRANDE 4 X 40	AlmBloque	11
1186285	PANAL TIPO TELA PEG 4X50	Rack_Doble	2
11926AAGC	HIG, NEVAX 450 HD 12 X 4"	AlmBloque	7

⁴² Porcentaje de días en que la capacidad de cada sistema de almacenamiento es suficiente para satisfacer la demanda de los productos para los cuales ese es el sistema óptimo.

Figura 42: Pantalla donde se muestra la cantidad de posiciones necesarias de cada sistema de almacenamiento

Sistema de almacenamiento	Profundidad	Lanes instalados	Cantidad SKUs asignados	Posiciones de tarimas disponibles	Área necesaria
Rack Selectivo	1	40	53	160	151,8
Rack Doble	2	515	161	4120	2730,2
	5	52	12	1040	471,5
	7	52	10	1456	621,6
	13	52	11	2704	1072,1
Almacenamiento en Bloque					

3.3.1.1.2. Evaluación del resultado de utilizar una determinada configuración de sistemas de almacenamiento

Mediante el segundo módulo es posible simular lo que habría sucedido si se hubiese utilizado una determinada configuración de sistemas de almacenamiento durante el periodo del que se tienen datos históricos.

Debido a que en el caso de Grupo Servica es imposible conocer cuál sería la configuración de sistemas de almacenamiento óptima, por las razones explicadas en la sección anterior, una alternativa viable es simular lo que hubiese sucedido de haberse tenido distintas configuraciones. Posteriormente, a partir del resultado obtenido con cada una de estas opciones seleccionar la mejor, que si bien es posible que no sea la óptima, al menos se sabe que es buena por los resultados obtenidos en la simulación.

Cuando se habla de configuración de sistemas de almacenamiento se refiere a cuáles sistemas se utilizan, cuántas ubicaciones hay instaladas de cada uno, y a qué sistema se asigna cada uno de los productos.

La configuración que se desea evaluar puede ser introducida manualmente por el usuario, especificando cuántos *lanes* hay instalados de cada sistema de almacenamiento, y a qué sistema se asigna cada uno de los SKUs, o puede obtenerse del resultado del módulo 1, donde se determinó el sistema de almacenamiento óptimo para cada producto, y la cantidad de *lanes* necesarios de cada sistema para dar abasto en un determinado porcentaje de los días. En la siguiente figura se muestra la hoja donde el usuario selecciona la configuración que desea evaluar.

Figura 43: Pantalla donde se selecciona la configuración de sistemas de almacenamiento que se desea evaluar

Sistema de almacenamiento	Profundidad	tanes Instalados	Código	Descripción	Sistema de almacenamiento	Profundidad
Rack Selectivo	1	40	31773AB	Hig. Nevax 1000 24X1	AlmBloque	13
Rack Doble	2	515	1186295	PANAL TIPLO TELA MED 4X59	Rack_Doble	2
	5	52	IIIIIAG	Hig. Nevax 1000 12x4	AlmBloque	13
	7	5.7	36000AA	HIS NEVAX 12/2 1000 TWO PACK	Alm. Bloque	- 2
	13	52	11925AACC	Hig NEVAX 450 HD 12 X 4 s manganilla	Alms_Bloque	- 5
			11778AF	Hig. Nevax 1000 12x4 Aroma	Rack_Doble	2
9	(A. 100 C. 100 C		36022AA	HIGIENICO NEVAX 1000 6 X 6 Aroma	AlmBloque	13
Bloque	200		66861AF	PO Saba Trad Reg 24745 s	Rack_Dobte	
en 8	15 Sec. 10.1		36004AA0C	HIG FLEN 1000 HS 24 X 1	AimBloque	7
9			11910AC	HIG FLEN 1000 HJAF	Alm. Bloque	13
ieni	1.02	8 8	36014AA	Hig. Nevax 550HD 12x4	AlmBloque	13
E E			1186305	PANAL TIPO TELA GR 4X50	Rack_Doble	2
en en	months in		30033AA	Serv. Velvet Dispenser 24 ×100	Alm. Bloque	7
Almacenamiento			36020AA	TOALLA NEVAX EOCINA 150 HOJAS	Alm. Bloque	7
A F		300	51771AC	Hez Nevax 1000 6x0	AlmBloque	5
		8	30327AA	TESSYBABIES WILLS GRANDE 4 X 40	AlmBloque	5
		1000	1106285	PANAL TIPO TELA PEG 4X50	Rack_Doble	2
	1000		31926A40C	HIG. NEVAX 450 HD 12 X 4"	AlmBloque	7
		500 1000	11928AAGC	Hig. Nevax 450 HD 42:12	AlmBloque	5
			30602AA	HIGIENICO 300 300 RIS S/E 24X1	AlmBloque	7
	11200 3 4		63006AA	Saba Clásica con «Jas 24X LC S	Rack Doble	2
			70339AAGC	Tork Serv Universal Disp 2006	Rack_Doble	2
	1100 3000		65C16AG	TENA Slip med 4x10s corr	Alm. Bloque	7
	10000 000000		70131AACC	Tork Universaling 506 vnts	Alm_Blaque	13
	[6] Jan 334		30326AA	TESSY BABIES PLUS MEDIANO 4 X 48	Rack_Doble	2
Orive-in Rack	10000	3 3 3 5 5	36039AA	Hig Nevax 450 HD 42 x 4 Selessciolites Aires	AlmBloque	7
11.8	12 1 1 m 1 1		1186315	PANALTIPO TELA XS 4X50	Rack_Doble	2
19/			31914AA	HIGIENICO 1000 H35 5/E 24X1	Alm. Bloque	13
Driv	100		70137AAGC	Tork Sery Universal Disp 100 uds	Rack_Doble	2
	S 22 1 10 2 1		63004AD	TENA Silla Sonota Med. 6,10's	Alm. Bloque	13
			36007AA0C	HIS NEVAX 450 HD 24X15 MANZA	Alm. Bloque	13
	SELECTION SECTION		36029AA	NEVAX AROMA SUAVECITO 24 x 2	Alm. Bloque	5
		2	60329AA	TENSY BABIES BASIC MEDIANO 4 X 48	Aim. Bloque	5
	C	3 - 11	70098AC	Mult. Tolk Adv 24/1 / 100 FD	Alm_Bloque	13
	41 -		63CCJAA	Saba Clásica sin alas 24X18'S	Rack Doble	2

Una vez que se ha definido la configuración que se desea evaluar, la lógica que el módulo utiliza para simular cada día del que se tienen datos es la siguiente:

Figura 44: Lógica del módulo 2

Determinar los requerimientos de ubicaciones de cada uno de los sistemas según los productos asignados a estos

Calcular si la cantidad de ubicaciones en cada sistema es suficiente para almacenar todos los productos que le fueron asignados

Si la cantidad es suficiente: determinar cuantas posiciones quedan disponibles / Si la cantidad no es suficinete: determinar cuantas posiciones hacen falta

Recalcular los requerimientos de ubicaciones de cada uno de los sistemas tomando en cuenta los faltantes y sobrantes de los otros sistemas

Determinar el total de posiciones faltantes y sobrantes, tomando en cuentas todos los sistemas de almacemamiento

Calcular las variables de salida de la simulación

El primer paso consiste en determinar cuántas ubicaciones se necesitan en cada uno de los sistemas de almacenamiento, esto se logra sumando las ubicaciones necesarias para cada uno de los productos que se asignaron a ese sistema. En este cálculo se toma en cuenta que dos SKUs diferentes no pueden estar dentro de la misma ubicación.

Posteriormente se comparan los requerimientos de ubicaciones en cada uno de los sistemas contra la capacidad instalada de ese sistema (esto está determinado por la cantidad de lanes que el usuario especificó para cada sistema). Esto puede arrojar dos resultados, o que la capacidad sí es suficiente y por lo tanto se pueden almacenar todas las tarimas de productos asignados a ese sistema, o la capacidad no es

suficiente y por lo tanto algunas tarimas deberán ser colocadas en otro sistema de almacenamiento.

El cálculo de las posiciones sobrantes en cada sistema es sencillo, una vez que se determinó la cantidad de ubicaciones sobrantes, ese número se multiplica por la cantidad de tarimas que caben en una ubicación de ese sistema, por ejemplo si sobran 2 ubicaciones de *drive-in* rack de profundidad 5, eso equivale a 40 posiciones sobrantes. En el caso del almacenamiento en bloque la cantidad de tarimas que se pueden almacenar en una ubicación depende de a cuantos niveles se pueda estibar el producto. Como no se sabe cuál producto se almacenaría ahí, se usa el valor de estiba máximo, el cual tiene un valor predeterminado de 4, pues esa es la estiba máxima en Grupo Servica, sin embargo el usuario lo puede modificar. Usar la estiba máxima para el cálculo es razonable, pues por razones de aprovechamiento de espacio lo más probable es que se ubique un producto que pueda ser estibado a esa cantidad de niveles.

El cálculo de las posiciones faltantes es menos exacto, pues para conocer el valor real sería necesario conocer la secuencia en que se dieron las extracciones y colocaciones de tarimas en la bodega. La situación es muy similar a la se explicó en la sección anterior, en este caso lo que sucede es que la cantidad de posiciones faltantes depende de a cuáles productos corresponden, y esto a su vez depende del orden en que se dieron los ingresos y salidas de tarimas. Si por ejemplo se tienen 2 productos (A y B) con los siguientes inventarios en cada día:

Cuadro 10: Tarimas en inventario por día de los productos A y B

Producto	Día 1	Día 2
A	0	60
В	0	85

⁴³ Suponiendo 4 niveles de altura, como sería en el caso de Grupo Servica.

Estos productos se almacenan en bloque de 6 posiciones de profundidad (cada ubicación tiene 48 posiciones, pues son 2 de ancho y 4 de alto), y hay 3 ubicaciones disponibles.

Si el producto A entra primero, va a ocupar 2 ubicaciones, la primera va a estar llena con 48 tarimas, y la segunda va a tener 12 tarimas. Cuando entra B solo hay 1 ubicación disponible, en la cual se van a almacenar 48 tarimas, pero va a hacer falta ubicar 37 tarimas, es decir va a haber un faltante de 37 posiciones. Si por el contrario el producto B ingresa primero, va a ocupar 2 ubicaciones, y cuando entre el producto A solo va a quedar una ubicación disponible, aquí se van a colocar 48 tarimas, pero van a quedar 12 tarimas sin ubicar, es decir hay un faltante de 12 posiciones.

Como se puede apreciar en el ejemplo anterior, la cantidad de posiciones faltantes es función de la secuencia de movimientos de tarimas dentro del almacén. Como no se conoce esa secuencia se debe de hacer una suposición para estimar la cantidad de posiciones faltantes.

Limitación: en la herramienta se supone que la cantidad de tarimas que hacen falta colocar equivale a que la ubicación del sistema donde originalmente se debió de haber colocado ese producto estaba llena. Es decir que en el ejemplo anterior se hubiera supuesto que había un faltante de 48 posiciones. Obviamente si la cantidad de ubicaciones del sistema original que hacen falta es superior a uno, entonces las posiciones faltantes es el producto de la cantidad de ubicaciones que hacen falta por las posiciones que tiene una ubicación.

Al hacer el cálculo de esta manera se sobreestima el faltante de posiciones, pues es probable que la cantidad real de tarimas que no caben sea menor. Sin embargo el efecto de este supuesto no se considera grave, pues la cantidad máxima de ubicaciones que pueden estar parcialmente llenas es igual al número de SKUs diferentes que se asignan a un sistema, y generalmente a los sistemas de alta densidad se asignan pocos SKUs, pues son aquellos de los cuales los niveles de inventario son más elevados. Es decir, si hay un sistema al cual se asignan 2 productos, y hay un faltante de 7 ubicaciones solo se podría sobreestimar la cantidad de posiciones faltantes en 2 ubicaciones, las demás 5 realmente están llenas. Cuando

hay varias ubicaciones faltantes de un mismo producto, todas menos una estarían llenas, por lo que el fenómeno aquí explicado solo se presentaría en una de esas ubicaciones.

El grado en que este fenómeno de sobreestimación afecta el cálculo depende de la cantidad de posiciones por ubicación de cada sistema, claramente entre mayor sea la cantidad de posiciones por ubicación el efecto va a ser mayor, mientras que en el rack selectivo no sucede.

Por esta razón cuando se asignan los productos a los sistemas de almacenamiento de mayor densidad se debe de procurar que los requerimientos que se ponen sobre el sistema no sean muy superiores a su capacidad, de modo que se minimice este efecto. Además esta es una práctica recomendable en la administración del almacén, pues de esta forma se asegura que los productos que se almacenan en cada sistema son los más adecuados para ese sistema, y no sucede que otros productos menos adecuados se colocan en ese sistema.

Como una ayuda para que el usuario pueda asignar de la mejor manera los productos a los sistemas de almacenamiento se tiene la opción de ver tres gráficos:

- 1) El usuario selecciona el producto que desea analizar, lo que el gráfico muestra es la cantidad de m² que se necesitarían para almacenar ese producto en el sistema elegido por el usuario y la cantidad de m² que se necesitarían si se almacena en el sistema óptimo. Esto permite comparar entre dos sistemas, y por lo tanto determinar si la pérdida o ganancia en densidad de almacenamiento entre uno y otro sistema es significativa. Ver ejemplo en la figura 45.
- 2) Los otros dos gráficos se usan conjuntamente, el usuario selecciona el sistema de almacenamiento que desea evaluar, en uno se muestran los requerimientos de posiciones de los productos asignados a ese sistema y la capacidad instalada de este, el otro muestra las posiciones asignadas a este sistema (tomando en cuenta los productos que no cupieron en otros sistemas y por eso se deben almacenar en este) y nuevamente la capacidad. Ver ejemplo en la figura 46.

Figura 45: Gráfico de área necesaria según el sistema de almacenamiento elegido



Figura 46: Gráfico de capacidad y requerimientos de un sistema de almacenamiento





Con estos gráficos el usuario puede ir viendo cómo se comparta el almacén cuando se cambia el sistema al que se asigna un producto, de modo que pueda asignar una cantidad de productos a los sistemas de alta densidad que no sobrepasen mucho su capacidad, pero que tampoco queden ubicaciones sin utilizar.

Una vez que se han calculado los faltantes y sobrantes de posiciones en cada sistema de almacenamiento por separado, el siguiente paso es determinar cómo colocar las tarimas que aún no se han colocado en alguno de los espacios disponibles. La idea del modelo es que refleje lo más verazmente la realidad, pero mantenga un nivel de complejidad que lo haga manejable. Teniendo este objetivo en mente el criterio que se utiliza para colocar las tarimas que no se pudieron almacenar en el sistema al que fueron asignadas es el siguiente:⁴⁴

Primero se identifican las tarimas de productos que se debieron almacenar en los sistemas de mayor densidad, es decir los que tienen las mayores profundidades de *lane*, pero que no se hizo por falta de capacidad. El almacenamiento en bloque y el *drive-in* rack se hacen por separado, pues es de esperar que un producto que se ha asignado a uno no se coloque en el otro, pues suelen diferenciarse por el hecho de que pueden o no estibarse a varios niveles. Cuando los productos sí pueden estibarse la mejor alternativa es el almacenamiento en bloque, pues permite una densidad mayor, pero cuando no pueden, el *drive-in* rack suele ser una mejor alternativa pues tiene 4 niveles de altura sin tener que remontar una tarima sobre la otra.

Estas tarimas se intentan colocar en el siguiente sistema de mayor densidad (se va de mayor densidad a menor densidad), si ahí hay suficiente espacio se colocan ahí, sino se sigue intentando con los siguientes sistemas. En esta secuencia se continúa hasta que finalmente se llega el rack de doble profundidad y luego al rack selectivo (en caso de que ambas sean alternativas).

Limitación: es importante señalar que esta secuencia va en una sola dirección, de los sistemas de mayor densidad a los de menor densidad. Es por esto que si hay un faltante de capacidad en el rack de doble profundidad, y ubicaciones disponibles en almacenamiento en bloque de profundidad 10, esas tarimas no se van a colocar en esas ubicaciones. En el almacén como un todo es posible que haya faltantes y sobrantes de capacidad simultáneamente. Sin embargo, es difícil evaluar que tanto se aleja este supuesto de la realidad, pues generalmente se evita colocar productos en sistemas de almacenamiento con densidades mayores que aquellos adonde fueron asignados originalmente. Si se hace esto es posible que cuando vuelva a entrar

⁴⁴ Recordar que esto se refiere solo a las tarimas que no se pudieron colocar en el sistema al que fueron asignadas, pues lo primero que se hace es colocar las tarimas en los sistemas al que estaban asignadas, y luego este criterio aplica para las tarimas que no se pudieron colocar y las posiciones que quedaron vacías.

producto del que correspondía al sistema de mayor densidad, ya no queden ubicaciones disponibles por estar ocupadas por productos que no corresponden en ese sistema, de modo que se disminuye la densidad de almacenamiento global. Si además se toma en cuenta que la capacidad instalada de estos sistemas suele ser menor que la demanda máxima, para que se asegure una alta utilización pues el efecto honeycombing aquí es muy perjudicial por haber tantas posiciones por ubicación, se puede afirmar que es poco probable que en la realidad se coloquen productos en sistemas de mayor densidad que al que originalmente fueron asignados, y por lo tanto está limitación de la herramienta no afecta los resultados obtenidos.

Una vez que se han reubicado todas las tarimas que haya sido posible colocar, se puede calcular la cifra total de posiciones faltantes y de posiciones sobrantes. En el caso de las posiciones faltantes lo que se hace es determinar cuántas posiciones hacen falta en el sistema de menos posiciones por ubicación, sea este el rack selectivo o el rack de doble profundidad, esto equivale al faltante total pues todos los faltantes de los otros sistemas se han ido trasladando en cascada a sistemas de menor densidad hasta finalmente llegar a uno de estos dos sistemas. En el caso de las posiciones sobrantes lo que se hace es sumar la cantidad de posiciones sobrantes que se tiene en cada uno de los sistemas utilizados.

Con el cálculo del total de posiciones faltantes y posiciones sobrantes se puede pasar a la última etapa de este módulo, el cálculo de los resultados obtenidos de haberse utilizado esa configuración de sistemas de almacenamiento. En las siguientes figuras se presenta una parte de la información que se muestra en la hoja de resultados:

Figura 47: Ejemplo de los resultados obtenidos para una configuración de sistemas de almacenamiento

Hoja de resultados	
Porcentaje de días en que hubo faltante de posiciones:	0,0%
Máximo de posiciones faltantes en un día;	- Tarimas
Utilización global del almacén:	81,2%
Utilización de las ubicaciones asignadas:	88,7%
Área necesaria para esta configuración de sistemas:	5 020 m2
Densidad de almacenamiento global:	1,5342 Tarimas/m2
Densidad de almacenamiento ubicaciones asignadas:	1,7155 Tarimas/m2
Capacidad bruta de almacenamiento:	9 480 Tarimas
Capacidad neta de almacenamiento:	8 404 Tarimas

Sistema de almacenamiento	Profundidad	Lanes instalados	Cantidad SKUs asignados	Posiciones de tarimas disponibles	Ārea necesaria
Rack Selectivo	1	40	53	160	151,8
Rack Doble	2	515	161	4120	2730,2
	5	52		1040	471,5
	7	52	10	1456	621.6
	23	32	11	2764	1072,1
Almacenamiento en Bloqu					
Almacena					

A continuación se explican las variables que se presentan dentro de esta hoja de resultados:

- Para cada uno de los sistemas de almacenamiento elegidos como posibles:
 - La cantidad de lanes instalados

- La cantidad de SKUs asignados a ese sistema
- La capacidad instalada de ese sistema
- El área necesaria para instalar esa cantidad de lanes de ese sistema
- El porcentaje de días en que hubo faltante de posiciones: toma en cuenta aquellos días en que después de colocar las tarimas en otros sistemas donde había capacidad disponible todavía quedaron tarimas sin colocar
- Máximo de posiciones faltantes: en caso de que haya habido días en que no se pudieron colocar la totalidad de las tarimas, es el máximo de posiciones que hicieron falta.
- Utilización global del almacén: es la utilización calculada sobre la capacidad bruta del almacén. Está afectada tanto por la infraestructura instalada como por el inventario existente. Si el nivel de inventario se baja entonces la utilización global del almacén baja, pero esto no implica que la configuración no sea la adecuada, es el resultado de que no hay producto para almacenar. Si hay días con faltantes de capacidad las tarimas que no se pudieron almacenar no se toman en cuenta dentro de este cálculo.

Este dato no se debe de utilizar para comparar posibles configuraciones, pues más bien favorece la alternativa con la menor capacidad bruta, al disminuir la capacidad bruta aumenta la utilización global. Es por esta razón que puede suceder, como por ejemplo en este proyecto, que las mejores alternativas son aquellas que tienen una menor utilización global, pues son las que logran una mayor capacidad bruta.

Para lo que sí se utiliza este resultado es para evaluar la evolución de un almacén en el tiempo, detectar si la utilización global está subiendo o bajando, pero nunca como variable de decisión entre alternativas.

 Utilización de las ubicaciones asignadas: solo toma en cuenta las ubicaciones donde realmente se colocó producto. Aquellas ubicaciones que quedaron como disponibles y que por lo tanto se hubiesen podido utilizar para otro producto no se toman en cuenta. Este cálculo no se ve afectado por un bajo nivel del inventario ni por un aumento en la capacidad bruta, sino que mide la utilización de la parte del almacén realmente utilizada, y por lo tanto mide mejor que la utilización global que tan bien se ajustan los sistemas de almacenamiento utilizados a la cantidad almacenada de cada uno de los distintos productos.

Una alta utilización no es un fin en sí misma, por ejemplo al usar solo rack selectivo se logra la mejor utilización posible, sin embargo esto afecta negativamente, y de gran manera la densidad de almacenamiento, por lo tanto este valor se debe de analizar conjuntamente con las variables de capacidad de la configuración que se esté analizando.

- Área necesaria para esta configuración de sistemas: es el área estimada que sería necesaria para poder instalar esa cantidad de lanes de cada uno de los sistemas de almacenamiento utilizados.
- Densidad de almacenamiento global: la densidad se mide en unidades de tarimas/metro cuadrado, en este caso se toma en cuenta el área total necesaria para esta configuración, y por eso es global. Consiste en la cantidad promedio de tarimas almacenadas entre el área total utilizada por esta configuración. Al igual que en el caso de la utilización global está afectada por los bajos niveles de inventario, cuando el inventario es menor que la capacidad de almacenamiento de la bodega se afecta este valor. Es por eso que esta medida es mejor en los casos en que hay un exceso de capacidad, pues se tiene certeza que no se va a ver afectada por bajos niveles de inventario, y que su valor es únicamente función de lo adecuada que es la configuración de sistemas de almacenamiento para los productos manejados, que en último instancia es lo que se pretende evaluar con este resultado.

Este cálculo no toma en cuenta las tarimas que no se lograron almacenar dentro del almacén, pues se estaría sobreestimando la densidad de almacenamiento real.

Este valor no se debe de analizar independientemente del resto de las variables, sino que se deben de evaluar conjuntamente. Un claro ejemplo de esto es cuando la cantidad de tarimas en inventario supera la capacidad del almacén. Si el usuario se guía únicamente por la densidad de almacenamiento va a procurar instalar la mayor cantidad posible de ubicaciones de sistemas de alta densidad, y la menor de sistemas de menor densidad como el rack selectivo y el rack de doble profundidad,

sin embargo en la realidad esto no sería recomendable. Cuando hay un exceso de inventario las tarimas que se deben de reubicar en otra bodega son aquellas de productos de los cuales hay una mayor cantidad de inventario, de modo que se puede reubicar una porción y dejar en el almacén otra porción, y con esto se asegura que hay disponibilidad de todos los SKUs, y por lo tanto se les puede despachar a los clientes cuando los soliciten. Para lograr esto es necesario tener capacidad instalada en sistemas como el rack selectivo y el rack de doble profundidad, donde se colocan los productos de los cuales se tienen pocas tarimas en inventario. Es por lo anterior que al analizar la densidad de almacenamiento se debe de considerar que la primera prioridad es que se tengan suficientes posiciones de estos sistemas de baja densidad, y una vez que se haya cumplido ese requisito sí se debe de procurar lograr la mayor densidad de almacenamiento posible.

Densidad de almacenamiento de las ubicaciones asignadas: al igual que en el caso de la utilización de las ubicaciones asignadas, para este cálculo no se toman en cuenta aquellas ubicaciones que quedan disponibles para otros productos. Cuando el inventario supera la capacidad de almacenamiento este dato es equivalente (o por lo menos muy similar, pues es posible que haya ubicaciones disponibles en sistemas de alta densidad a pesar de que quedan tarimas sin almacenar) a la densidad de almacenamiento global, pues todas o casi todas las ubicaciones son ubicaciones asignadas. Sin embargo, cuando el inventario es menor que la capacidad este dato es una mejor medida, pues no se ve afectado por el nivel del inventario, nada más es función de las dos variables que se desean maximizar, la densidad de almacenamiento que permite cada sistema y la utilización que se logra en cada sistema.

Debido a lo anterior cuando se están comparando posibles configuraciones y los datos de inventario que se tienen son menores que la capacidad, esta es una de las variables de decisión más relevantes.

- Capacidad bruta de almacenamiento: corresponde a la totalidad de tarimas que se podrían almacenar si se llenan todas las ubicaciones. Para lograr almacenar esa cantidad de producto sería necesario lograr una utilización del 100 %.
- Capacidad neta de almacenamiento: se calcula como el producto de la capacidad bruta y la utilización de las ubicaciones asignadas. Es la mejor variable de decisión para comparar entre distintas configuraciones, pues estima la capacidad real de almacenamiento que se tendría. Esto sujeto a que el comportamiento futuro de los inventarios de cada producto sea similar al comportamiento durante el periodo que se usa para realizar los cálculos. Además supone que la utilización de las ubicaciones no asignadas va a ser la misma que la de las ubicaciones asignadas.

Hay que tener cuidado cuando hay un exceso de capacidad, pues en ese caso es posible lograr un valor de capacidad neta elevado de manera "artificial". Esto sucede cuando las posiciones sobrantes corresponden a sistemas de alta densidad, de esta forma se consigue una alta capacidad bruta sin afectar la utilización de las ubicaciones asignadas, lo que resulta en una capacidad neta elevada.

Esta situación se puede explicar mediante el siguiente ejemplo, el cual es irreal pero ilustrativo: supóngase que en el almacén solo se ocupa un 40 % de la capacidad bruta para almacenar la totalidad del inventario, como la utilización de las ubicaciones asignadas depende de a que sistemas se asignan los productos, se asignan los productos a rack selectivo, con lo que se consigue una utilización cercana al 100 %. Además, todas las posiciones no utilizadas quedan en sistemas de alta densidad, de modo que se consigue una elevada capacidad bruta, que al multiplicarla por la utilización da una capacidad neta muy elevada. Sin embargo, esto es falso pues las posiciones sobrantes están en sistemas que tienen muchas posiciones por ubicación, y si de los productos que se almacenan se tienen pocas tarimas por producto lo que va a suceder es que al aumentar la cantidad de tarimas almacenadas la utilización se va a reducir drásticamente, con lo que la capacidad neta real se va a reducir. La capacidad neta calculada inicialmente es ficticia

porque se incumple el supuesto de que la utilización de las ubicaciones no asignadas va a ser igual que en el caso de las ubicaciones asignadas.

Por esta razón se debe poner especial atención a en qué sistema de almacenamiento quedan las posiciones disponibles. Probablemente sea recomendable sacrificar un poco de densidad (y por lo tanto capacidad neta) con tal de mantener una alta utilización de esas ubicaciones cuando sea necesario emplearlas.

A partir de las explicaciones hechas sobre cada una de las variables de salida del módulo es importante recalcar que todas deben de ser analizadas en conjunto, y que la pertinencia de utilizar o no cada una de ellas depende de la situación particular que se esté analizando. Nunca se debe de perder de vista que el objetivo no es lograr el mejor resultado en la simulación, sino en la realidad. Para esto es importante conocer la lógica de cálculo de la herramienta, de modo se pueda asegurar que los supuestos que están implícitos en ella no son desviaciones significativas de la realidad, y que por lo tanto los resultados obtenidos son válidos.

Como se ha explicado en algunos de los puntos anteriores, en ciertos casos es posible mejorar el resultado logrado en la simulación usando una configuración que en la realidad no se comportaría de esa manera. Le corresponde al usuario analizar de manera crítica los resultados, y verificar que la lógica de cálculo se aplica a la situación bajo estudio, y que por lo tanto los resultados obtenidos son confiables para ser utilizados en la toma de decisiones.

3.3.1.1.3. Evaluación financiera de realizar un cambio en la infraestructura de almacenamiento

El tercer módulo que contiene esta herramienta consiste en realizar una evaluación financiera del proyecto que implica pasar de la infraestructura de almacenamiento que se tiene en la actualidad hasta la configuración que el usuario seleccione.

Esta nueva configuración puede ser elegida de dos maneras:

1) Ser el resultado del módulo 1, donde se asigna cada producto al sistema de almacenamiento óptimo para él y se instala una cantidad de ubicaciones de cada

- sistema para dar abasto en un determinado porcentaje de los días, este porcentaje es seleccionado por el usuario.
- 2) Ser la última configuración que se evalúo mediante el módulo 2, donde se simuló el resultado que se hubiera obtenido de haberse usado esa configuración de sistemas de almacenamiento durante el periodo al que corresponden los datos históricos con los que se ha alimentado la herramienta.

Para poder realizar el análisis financiero del proyecto es preciso que el usuario introduzca una serie de información sobre la configuración y el desempeño actual del almacén. A continuación se detalla y explica porque se necesita cada uno de esos datos:

- Costo total de la operación por periodo: es necesario para poder calcular el costo fijo y el costo variable unitario, valores que posteriormente serán usados para estimar el aumento en los costos y la rentabilidad del proyecto. La duración del periodo es la que el usuario desee, puede ser meses, trimestres, años o cualquier otra, el único requisito es que haya consistencia entre todos los datos, es decir que si los ingresos corresponden a un periodo trimestral entonces que los costos correspondan a un periodo trimestral.
- Porcentaje del costo de operación que es variable: esto es necesario para conocer la estructura de costos, y esta información junto con el costo total permiten calcular el monto total de costo fijo y el costo variable unitario.
- Total de ingresos por periodo: corresponde al monto total que la empresa percibe por la prestación de los servicios que se llevan a cabo dentro del CEDI. Debe de incluir no solo los ingresos por almacenamiento sino también por preparación de pedidos, etiquetado, y cualquier otro rubro por el cual la empresa le cobre un monto a sus clientes.
- Capacidad neta del almacén: a diferencia de los valores anteriores este no necesariamente es un dato que está directamente disponible, sin embargo su cálculo es bastante sencillo. Si el almacén se utiliza al máximo de su capacidad es posible utilizar la cantidad real de producto que se almacena en el almacén, lo que se hace es que se calcula la cantidad promedio de tarimas que se tienen en

inventario cada día. Si el almacén no se utiliza al máximo de su capacidad no es posible usar esta fórmula, pues se estaría subestimando la capacidad neta ya que la cantidad de tarimas almacenadas no está restringida por la capacidad disponible, sino por la cantidad de producto en inventario que tienen los clientes. En ese caso lo que se puede hacer es utilizar la misma fórmula que se usó en el módulo 2: multiplicar la capacidad bruta del almacén por la utilización de las ubicaciones asignadas, de esta forma se puede estimar la capacidad neta suponiendo que la utilización de las ubicaciones que no se están utilizando sería la misma que la de las ubicaciones que sí tienen producto almacenado.

- Posiciones de rack selectivo: es necesario conocer cuántas posiciones de rack selectivo hay instaladas en la actualidad, de modo que sea posible determinar si sería necesario adquirir más posiciones para tener la cantidad de posiciones que contiene la configuración que se pretende instalar. Al conocer el dato de las posiciones que requiere la configuración evaluada y de las posiciones actualmente disponibles, es posible calcular cuántas nuevas posiciones sería necesario instalar.
- Posiciones de rack de doble profundidad: aplica exactamente lo mismo que en el caso del rack selectivo.
- Costo por posición de rack selectivo: para calcular el costo que implicaría el adquirir las posiciones de rack selectivo es necesario saber cuánto costaría cada una de las posiciones. Probablemente el costo de cada posición sea una función de la cantidad de posiciones instaladas, a mayor cantidad menor costo, por lo que se debe de tener esto en cuanto al definir el costo de cada posición.
- Costo por posición de rack de doble profundidad: aplica exactamente lo mismo que en el caso del rack selectivo.
- Costo por posición de drive-in rack: aplica exactamente lo mismo que en el caso del rack selectivo.
- Plazo de evaluación del periodo: es el horizonte temporal que desea utilizar el usuario para calcular la rentabilidad del proyecto. Debe haber concordancia entre la duración del periodo utilizado aquí y en los demás valores.

 Tasa de descuento: es el rendimiento mínimo que desea obtener la compañía del dinero que se invertiría en modificar la infraestructura de almacenamiento del CEDI.
 Esta tasa igualmente está en función del periodo de tiempo utilizado.

Utilizando esta información y la capacidad neta de la configuración que se está analizando es posible calcular las siguientes variables de salida de la evaluación financiera:

Inversión necesaria: corresponde al desembolso que sería necesario hacer para adquirir las posiciones necesarias de los distintos tipos de rack. Este monto solo incluye el costo de los racks y su instalación, no toma en cuenta el costo de modificaciones que se le deban de hacer al edificio para poder instalar los racks. Tampoco toma en cuenta el valor de los ingresos no percibidos por tener que deshabilitar el área donde se colocan los racks durante el periodo de instalación. Estos montos no se toman en cuenta pues son muy variables dependiendo de las circunstancias particulares. Aumento esperado en los ingresos: para realizar este cálculo se supone que existe una relación directamente proporcional entre la cantidad de tarimas almacenadas y los ingresos percibidos (es decir los ingresos son una función lineal de las tarimas almacenadas). Es importante señalar que para que este supuesto se cumpla es necesario que exista suficiente demanda para utilizar toda la capacidad neta del almacén, pues si se aumenta la capacidad pero no se incrementa la cantidad de producto manejado esto no va a traducirse en un aumento de los ingresos. Aumento esperado en los costos: al igual que en el caso de los ingresos aquí se supone que el costo variable es una función lineal de la cantidad de tarimas manejadas, de modo que al aumentar las tarimas manejadas el monto total del costo variable aumenta en la misma proporción. Es difícil establecer con exactitud la relación que existe entre la cantidad de tarimas almacenadas y los costos variables, pues la carga de trabajo no es tanto función de la cantidad de tarimas almacenadas como de la cantidad de movimientos que se hacen dentro del almacén, y un aumento en una variable no implica un aumento en la otra, por ejemplo es posible que se deje de almacenar un producto del cual se tienen 50 tarimas en inventario y que en promedio se alistan 10 tarimas por día, y

que se sustituya por uno del cual se tienen 70 tarimas en inventario y que en promedio se alistan 5 tarimas por día. En este caso aumentó la cantidad de tarimas almacenadas pero se redujo la carga de trabajo y posiblemente el costo variable total.

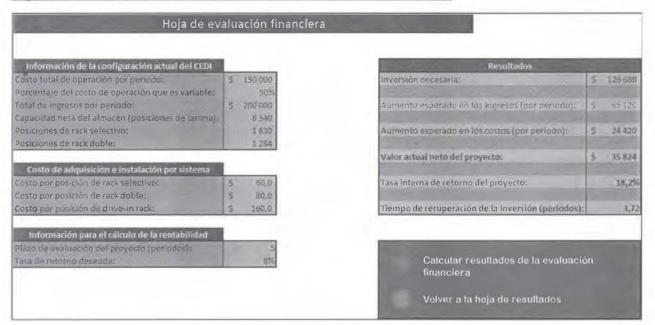
En vista de que no se puede modelar con exactitud la relación existente entre esas dos variables, se considera aceptable el asumir una relación directamente proporcional para la estimación de la rentabilidad del proyecto.

- Valor actual neto del proyecto: corresponde al valor del proyecto convirtiendo todos los flujos de dinero esperados a valor presente. Siempre que este valor sea superior a cero significa que el proyecto es rentable de acuerdo a la tasa de descuento utilizada. Importante señalar que la validez de este valor actual neto está sujeto a una serie de supuestos que se han indicado en los párrafos anteriores. En el cálculo de esta variable se considera el valor de rescate de los racks como cero, pues la empresa considera que para que el proyecto sea atractivo debe de pagar los racks y que posteriormente queden disponibles para continuarlos usando por un periodo superior al plazo de evaluación del proyecto.
- Tasa interna de retorno del proyecto: esta es la tasa máxima que se le podría exigir al proyecto y que continuara siendo rentable, si se desea una tasa mayor a esta entonces el proyecto no es rentable pues el valor actual neto va a ser negativo. Siempre que la tasa interna de retorno sea superior a la tasa de descuento el valor actual neto va a ser positivo y por lo tanto el proyecto va a ser rentable. Siempre que la tasa interna de retorno sea inferior a la tasa de descuento el valor actual neto va a ser negativo, y por lo tanto el proyecto no va a ser rentable.
- Tiempo de recuperación de la inversión: es la cantidad de periodos que deben de transcurrir antes de que se logre recuperar la totalidad de la inversión, esto convirtiendo los flujos de dinero a valor presente. Para que el proyecto sea rentable el tiempo de recuperación de la inversión debe de ser inferior al periodo de evaluación del proyecto. En los casos en que el capital de la empresa es escaso, el tiempo de recuperación de la inversión es especialmente importante, pues es

posible que ese dinero se necesite para cubrir otros rubros o hacer otras inversiones.

En la figura a continuación se presenta la hoja donde se ingresan los datos y se muestra los resultados de la evaluación financiera del proyecto de modificar la infraestructura de almacenamiento.

Figura 48: Pantalla donde se muestra la evaluación financiera



3.3.1.1.4. Selección del sistema de almacenamiento óptimo para un nuevo producto

Este módulo es muy similar al primero, la diferencia es que en ese caso la selección de los sistemas es para los productos que ya se almacenan en el almacén y de los cuales se tienen datos históricos, mientras que aquí corresponde a la evaluación de productos que se van a empezar a almacenar, y de los cuales quizás no se tengan datos históricos.

La lógica de cálculo que sigue es exactamente la misma que en el módulo 1, e igualmente se pueden seleccionar los sistemas de almacenamiento que se desean considerar como posibles. En este caso se trata de los sistemas que ya se tienen instalados, y que son las posibles alternativas de donde colocar un nuevo producto.

Se pueden analizar hasta 10 productos simultáneamente, a cada uno de los cuales se les determina cuales son las tres mejores alternativas de sistemas de almacenamiento junto con la densidad de almacenamiento que se conseguiría. Al igual que en el módulo 1 se calcula la cantidad de ubicaciones necesarias de cada sistema para que sean suficientes en un porcentaje de los días definido por el usuario. Este cálculo se hace suponiendo que cada producto se va a asignar al sistema que se determina como óptimo para su almacenamiento.

Para utilizar este módulo el usuario debe de especificar a cuantos niveles se puede estibar cada uno de los productos, así como el comportamiento proyectado en cuanto a la cantidad de tarimas en inventario por día. En caso de que no se tenga ninguna estimación de este comportamiento se puede utilizar un valor promedio. Para este módulo un solo dato es suficiente para realizar los cálculos de cada producto, sin embargo entre más datos se tenga mejor, pues se puede seleccionar con más precisión cuál es el sistema más adecuado para cada producto.

A continuación se presenta un ejemplo de la hoja donde se muestran los mejores sistemas de almacenamiento para cada producto junto con las densidades que se conseguirían:

Figura 49: Pantalla de salida del sistema de almacenamiento óptimo para un nuevo producto

Codigo	Alternativa i		Tarimas/m2	Altern	itiva 2	Tar	imas/m2	Alternativa 3		Tarimas/m2
Al	AlmBloque	18	2,616	AlmBloque		13	2,615	AlmBloque	6	2,432
82	Alm. Bloque	18	2,727	AlmBloque		6	2,407	AlmBloque	13	1,841
C3	Drive_in_Rack	15	1,792	Drive_in_Rack		20	1,781	Rack_Doble	2	1,676

3.3.1.2. Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos

Otra oportunidad de mejora obtenida al concluir el análisis de la fase de diagnóstico consiste en realizar el alisto de bultos y el alisto de tarimas desde zonas separadas. Para el caso de la zona de alisto de bultos, es recomendable zonificar de acuerdo con la popularidad de cada producto, de modo que los productos más populares se coloquen en las ubicaciones más cercanas a la zona de despacho, y de esta forma se reduzcan las distancias recorridas durante el alisto. Además se debe de asignar la

cantidad de ubicaciones a cada SKU tomando en cuenta la variabilidad en la demanda diaria de ese producto. Para hacer esto fue necesario el desarrollo de una herramienta que sirviera como ayuda en el diseño de la zona de alisto de bultos.

Esta herramienta fue construida utilizando el programa informático Microsoft Excel, y las principales funcionalidades que contiene son:

- Determinar para cada producto la cantidad de ubicaciones necesarias en la zona de alisto de bultos, con base en su demanda diaria.
- Asignar cada producto a una zona dentro del área de alisto de bultos, con base en su popularidad.

A continuación se explica en detalle el análisis que realiza cada una de las funcionalidades.

3.3.1.2.1. Determinar para cada producto la cantidad de ubicaciones necesarias en la zona de alisto de bultos, con base en su demanda diaria

Esta primera funcionalidad permite calcular cuántas ubicaciones sería necesario asignarle a cada producto de modo que sean suficientes en un determinado porcentaje de los días (si por ejemplo se desea determinar la cantidad de ubicaciones que sería necesario asignarle a un producto para tener que reabastecer durante el turno de alisto en menos del 10 % de los días), asimismo permite conocer la cantidad total de ubicaciones necesarias, con el fin de establecer un tamaño adecuado para la zona de alisto de bultos. Esta determinación de las ubicaciones necesarias se basa en la variabilidad de la demanda diaria, donde se calcula para cada producto el porcentaje de los días en que se solicita menos de una determinada cantidad de tarimas en forma de bultos.

A continuación se muestra de manera esquemática la lógica que sigue este cálculo.

Figura 50: Lógica de la funcionalidad 1

Para cada producto: convertir los datos históricos de alisto de unidades de bultos a unidades de tarimas

Para cada orden: calcular las tarimas enteras y las fracciones de tarimas

Para cada producto: calcular la suma de las fracciones de tarimas por día

Para cada producto: calcular el porcentaje de los días en que se solicita menos de 1, 2,..., n cantidad de tarimas en forma de bultos

Para cada producto: calcular las ubicaciones necesarias para tener que reabastecer durante el turno de alisto en menos de un x porcentaje de los días

Debido a que el registro histórico de alisto se maneja en unidades de bultos lo primero que se debe de hacer es convertirlo a unidades de tarimas, esto se logra dividiendo la cantidad de bultos solicitados en cada línea entre la cantidad de bultos que caben en una tarima de ese producto.

Posteriormente para cada resultado del cálculo anterior se debe de separar la parte entera del número de la parte decimal, esto pues el número entero representa las tarimas enteras (alisto de tarimas completas), mientras que la parte decimal corresponde a la fracción de tarimas (alisto de bultos). Por ejemplo, si se solicitan 108 bultos de un producto que en una tarima caben 48 bultos, entonces se alistan 2 tarimas enteras más 12 bultos, que en decimales sería 0,25 tarimas (108 / 48 = 2,25 tarimas).

De esta forma se utiliza la fracción de tarimas para los siguientes cálculos realizados para la evaluación de la zona de alisto de bultos. Lo que se hace es sumar para cada

producto el total de fracciones de tarimas alistadas en cada día, luego redondear el valor hacia arriba, con esto es posible obtener el porcentaje de los días en que se solicita menos de una determinada cantidad de tarimas en forma de bultos. Por ejemplo, si para cada uno de los 5 días se alistan 2,25; 0,35; 2,16; 1,82 y 0,73 tarimas en forma de bultos, entonces en un 40 % de los días se alista menos de 1 tarima en forma de bultos, en un 20 % de los días se alistan menos de 2 tarimas en forma de bultos, y en un 40 % de los días se alistan menos de 3 tarimas en forma de bultos.

Limitación: si no se tienen algunos de los datos históricos de alisto de un producto, esto aumenta el porcentaje de los días en que se alista menos de 1 tarima en forma de bultos, ya que la herramienta no identifica si un cero en el dato se debe a que no se alistó ni un solo bulto en forma de bultos ese día o a que no se cuenta con el registros de ese día. Por ejemplo, al evaluar 100 días, si uno de los productos solo cuenta con datos a partir del día 41, entonces la ausencia de datos en los primeros 40 días afectará a que el resultado dé que en por lo menos un 40 % de los días se alista menos de 1 tarima en forma de bultos. Para solucionar este problema se debe realizar el análisis por separado, para que la herramienta empiece el cálculo desde el día en que haya datos, lo mismo se debe hacer para un producto nuevo.

Finalmente se determina la cantidad de ubicaciones necesarias para tener que reabastecer durante el turno de alisto en menos del porcentaje de los días definido por el usuario, 45 utilizando los porcentajes obtenidos anteriormente. La lógica de esta determinación es evaluar a partir de la mayor cantidad de tarimas en cuál cantidad de tarimas cae el porcentaje definido por el usuario; para aclarar esta explicación se presenta el siguiente cuadro como ejemplo.

⁴⁵ Recordar que el reabastecimiento ordinario se realiza todos los días durante el turno de la mañana, antes de que ingrese el personal de alisto.

Cuadro 11: Porcentaje de los días en que se solicita menos de esa cantidad de tarimas en forma de bultos

Límite superior de tarimas solicitadas por día en forma de bultos	% de los días en que se solicita menos de esa cantidad de tarimas en forma de bultos	Intervalo	
1	11,3%	88,7 % < x ≤ 100%	
2	35,1%	53,6 % < x ≤ 88,7 %	
3	32,0%	21,6 % < x ≤ 53,6 %	
4	15,5%	6,1 % < x ≤ 21,6 %	
5	4,1%	2 % < x ≤ 6,1 %	
6	1,5%	0,5 % < x ≤ 2 %	
7	0,0%		
8	0,0%		
11	0,5%	0 % ≤ x ≤ 0,5 %	
Suma	100,0%		

El cuadro anterior presenta el porcentaje de los días en que se solicita menos de la cantidad de tarimas en forma de bultos definida en la columna izquierda para un producto x. Tal como se comentó anteriormente, se evalúa a partir de la mayor cantidad de tarimas (en este ejemplo, 11 tarimas), por eso se definen los intervalos de porcentajes que se muestran en la columna derecha. De esta forma, si el usuario define un 2,5 % como el porcentaje máximo de los días en los que se tiene que reabastecer, se puede observar que el 2,5 % cae dentro del intervalo de 5 tarimas (2 % $< x \le 6,1$ %), por lo que para tener que reabastecer en menos del 2,5 % de los días se debe asignar 5 ubicaciones en la zona de alisto de bultos para este producto.

En la siguiente figura se muestra la hoja donde se presentan los resultados de este cálculo.

Figura 51: Pantalla donde se muestran los resultados de la determinación de las ubicaciones en la zona de alisto de bultos

Codigo	Descripcion	Familia	% máximo de días en los que ha que reabastecer		
			2,5%	5.0%	10.0%
11111AG	Hig. Nevas 1000 12x4	Festile	3	5	4
BEDICAA	TOALLA NEVA COONA 150 HILLAS	Pissue	7	B	100
117730	MIGIENICO NEVAX 1000 6 X 6	Tessue	5	5	3
530060	T Spba Económica Rea t/a 34 »	Femore	7	5	4
31778AF	Hig. Nevax 1000 12x4 Aroma-	Tissue	3:1	(A)	4
50652A8	SABA BUENAS NOCH C/ALAS 24 X 8	Fempso	-5	4	3
50515AE	Tena She Grende Control stor 0 x 8	Incommence a	5.5	500	040
19254400	Hig NEVAX 450 HD 15 X 4 s manramilla	Fishe	1 1911	5	154
50654AB	SABA ULT RUEN-NOCHES C/4-12 x 10	(Auto.2	2	1.20	2
30080	T Seba Económica Revis/a 24 x	Femilio	5	200	3
31773A8	mg. Nevax 2000 24Xs	Tidage	- 4	3	3
3004AD	TENA Silp Sonera Med Ex30 s	Resystemata	5	2	2
BARCEC	SABA ULTRA INVI C/ALAS 16 x 30	Pempro	3	2	1 2
066045	S484 5 USE-ES S/ALAS 18 X18 S	/ empro	4	5 5	300
SSCCAC	TE Saba Teans Moronal sia 10x10	Femera	2	1	1
HOGIAA	MIGNES AND CORRECTIVO FACE.	Titatre	3	2000	3
020640	15 Saba Feeds Nocruma d a 124	Femoro	2	No.	1
070346	SARA CONNORY MANUA C/A 12 K1=	Feman	3	2	2
99013AD	54BA CONFORT DIARIOS MANGA 20 X 20	Femplo	I think 2 forth	20012	1000
8073CAB	GARA CONFORT MANZA C A 12 x 14	/ emore	10.3		1
10637AD	1) Sapa Delgoda o'a 16x10's	Fempio	32 -	2 3 1	1
50201A8	SABA TEENS LOVALAS ON 32 × 10	Fempro	1001100	100	1
088548	Tissis a Normes c/a likelitis	Famore	100 TO 10	203	2
17725	HIS ENDER TESSY JUNIOU LED - BALL	Tisaue	4.0	300	3
105144	BERVALETA TERSY DISE 24 X 100	Treson	2	3/	3
Bascon	SABA COMECIAT MARIZA RELA 20 X 10	Fampro	1001	100	1
XX254E -	TENAL Super Aeyamp 5 48 s	(ncontrolens in	2	2	1002
05580	Tena Pares Granda Self s	Incontinenda	4	3	3
05580	Tena Pants Liediano 6 4 6'5	(Denotinents	0.00	3 3 3	2

3.3.1.2.2. Asignar cada producto a una zona dentro del área de alisto de bultos, con base en su popularidad

Esta segunda funcionalidad permite determinar cuál es la zona donde se debe colocar cada producto dentro del área de alisto de bultos. Esta zonificación se basa en la popularidad de cada producto, ya que la idea es colocar los productos más populares (más solicitados) en las ubicaciones más accesibles y cercanas a la zona de despacho, con el objetivo de reducir las distancias recorridas, disminuir el tiempo requerido y facilitar las labores de alisto, y de esta forma aumentar la productividad del alisto.

A continuación se muestra de manera esquemática la lógica que sigue este cálculo.

Figura 52: Lógica de la funcionalidad 2

Para cada producto: sumar la cantidad de líneas (calcular las veces que aparece en una orden de alisto)

Ordenar los productos en forma descendente según la cantidad de líneas

Asignar los productos a la zona de alisto A, B o C según la cantidad de ubicaciones disponibles en cada zona

Primeramente se calcula la cantidad de líneas⁴⁶ que corresponden a cada producto, para conocer las veces en que cada uno fue solicitado en una orden de alisto, posteriormente se ordenan los resultados en forma descendente.

Se utiliza la cantidad de líneas para el cálculo de la popularidad, y no la cantidad de bultos solicitados, pues se estima que el tiempo de traslado representa un 55 % del tiempo total de alisto, mientras que el tiempo de extracción representa un 10 % (Frazelle, 2002b, p. 154). Por eso la cantidad de líneas es una variable que determina mejor el tiempo empleado en el alisto de ese producto, ya que cada línea implica un viaje que se debe realizar para llegar a la ubicación del producto solicitado dentro de la zona de alisto de bultos; mientras que la cantidad de bultos solicitados es una variable que determina el tiempo de extracción, ya que mayor cantidad de bultos solicitados requieren un mayor tiempo de extracción. Por lo tanto, al colocar los productos que más veces se solicitan cerca de la zona de despacho se disminuyen las distancias recorridas durante el alisto, y como consecuencia el tiempo de alisto.

Una vez que se tienen los productos ordenados de mayor cantidad de líneas a menor cantidad de líneas, se inicia la asignación de los productos a las distintas zonas de alisto. El área de alisto de bultos está clasificada en zonas A, B y C.

⁴⁶ Por línea se entiende cada uno de los SKUs diferentes que contiene la orden, se le llama línea pues corresponde a un renglón de la orden de alisto o de la factura.

- La zona A: son aquellas ubicaciones más accesibles y cercanas a la zona de despacho, y que el alisto desde ellas requiera el menor desplazamiento y el menor esfuerzo.
- La zona B: son las ubicaciones más accesibles después de la zona A.
- La zona C: son las demás ubicaciones disponibles.

Figura 53: Pantalla donde se muestran los resultados de la asignación de los productos a las zonas del área de alisto de bultos

Código	Descripción	Familia	% máximo de días en los que hay que reabastecer	Zona de alisto	Ubicaciones necesarias
IIIILAG	Hig. Nevay 1000 1244	Tissue	10,041	A	
36020AA	TOALLA MEVAX COCINA 150 HOUAS	Tissue	10,0%	A	5
157710	HIGHENICO NEVAN 1000 6 X E	Tissue	10,0%	A	4
30060	T Saba Economica Registra 14 x	Pand o	10.0%	3	4
1778AF	Hig Nevax 1000 32k4 A/mms	Tissue	10,0%	A	4
C66246	SABA BUENAS NOCH-C/ALAS ZAX B	Ferrigwa	10.0%	A	1
MARIBON I	Tens 510 Grande Control olor 5x 9	ncontinent a	10,0%	A	4
2925AAQC	Highey Ax 450 AD 12 K4 s mancantilla	Tissue	10,0%	B	
056448	SABAULT BUEN NOCHES DIA 12 × 10.	Farripho	10,0%	8	2
30030	I Sabe Economica Regista 24 x	Fempio	10.0%	В	3
17734B	I-1g: Neyax 1000 24X1	tisale	10,0%	B	3
3004AD	TENASI pisonora Medi Exto s	Incontinencia	10,0%	В	-2
0829AB	SABA USTRA MIV CIALAS 16 X 10	Fampro	10,0%	5.	1
0560AB	SA64 B NOCHES S/ALAS 16 % 10 S	Zempro	10.0%	8	- 3
020040	IF Saba Teens Normal c/a 12x10	Femoro	10.0%	8	2189
6000A4	HIG NEVAX 12/2 1000 TWO FACK	Tossue	10,0%	3	3
0206AC	Tr Saba Teans Noctuma of a 12x	Femn/o	10,09	8	2
0705A5	SABACONFORT MANZA C/A 12 x 14	Femple	10.0%	9	3
3018AD	SABA CONFORT DIARIOS MANZA 30 X 24	Femera	10,026	0	1
0730A5	SASA CONFORT MANZA C/A 12 X 14	Female	10,0%	3	1
0637AD	TF Saba Deigada c/a 16x10's	Famora.	10,0%	8	1
0201A8	5454 125US LC/4L45 Ct 12 X 10	Femalo	10,0%	3	1
QG65AB	TSaba B.Noches c'e 18x72's	Fempro	10,0%	8	2
17725	HIGIENICO TESSYJUMBO 460H BX4	Tissue	20,0%	2	3
1051AA	SERVILLETA TESSY DISP 24 X 0.00	Tissue	10,0%	8	1
5035AB	SABA CONFIDRY MANZA RELA 10 × 10	Femore	10,0%		1
053540	TEHA Lady Juper Revamp 8 x8 s	Signantinancia	10,045	at a contract	2
U56.60	Tens Hants Grande (yé s	(nconsinencia)	10,0%		3
05580	Tena Pants Mediano 6 x 6's	incontinencia	10,0%	0.0	2

La herramienta realiza la asignación con base en la cantidad de ubicaciones disponibles dentro de cada una de las tres zonas (la cual es definida por el usuario, valor solicitado por la herramienta al inicio) y en la cantidad de ubicaciones necesarias para cada producto (la cual es recomendada por la herramienta, cálculo explicado en la sección anterior). La lógica de este ejercicio es iniciar con la asignación de la zona A al primer producto tomando en cuenta la cantidad que ubicaciones que necesita, luego al siguiente producto hasta que se terminen las ubicaciones disponibles dentro de la zona A; después continuar con la asignación de la zona B, también hasta que se terminen

las ubicaciones disponibles dentro de la Zona B; por último, asignar los restantes productos a la Zona C. En la figura 53 se muestra la hoja donde se presentan los resultados de este cálculo.

3.3.2. Diseño de la nueva infraestructura de almacenamiento

Para cumplir con los primeros dos objetivos del diseño: "Implementar una infraestructura de almacenamiento que responda a las características actuales de la operación" y "Diseñar un *layout* de las instalaciones que permita una mayor densidad de almacenamiento y una mayor productividad en los procesos", se procedió a diseñar diferentes infraestructuras de almacenamiento y a evaluarlas utilizando las dos herramientas expuestas en la sección anterior.

A continuación se presenta primeramente la infraestructura de almacenamiento actual con que cuenta el CEDI, que sirve como base para desarrollar las diferentes infraestructuras de almacenamiento y para realizar comparaciones que permitan determinar las mejoras logradas.

3.3.2.1. Infraestructura de almacenamiento actual

En la sección 2.3.2.3 se describió detalladamente la infraestructura de almacenamiento con que cuenta el CEDI actualmente. A continuación se presenta un cuadro de resumen.

Cuadro 12: Infraestructura de almacenamiento actual del CEDI

Zona	Sistemas de almacenamiento instalados				
Zona de Racks	10 filas de rack de doble profundidad con 4 niveles y 2 filas de rack selectivo con 4 niveles, para un total de 4 584 posiciones.				
Almacén 1	15 filas de rack selectivo con 4 niveles, para un total de 2 888 posiciones. Actualmente se utilizan aproximadamente 642 posiciones para el alisto de bultos.				
Almacén 2	4 filas de rack selectivo con 4 niveles, para un total de 864 posiciones.				

Zona 1	29 lanes de almacenamiento en bloque con profundidad de 4 tarimas y con 4 niveles de estiba, para un total de 464 tarimas.
Zona 2	37 lanes de almacenamiento en bloque con profundidad de 8 tarimas y 37 lanes de almacenamiento en bloque con profundidad de 9 tarimas, ambos con 4 niveles de estiba, para un total de 2 516 tarimas.

Las siguientes figuras corresponden a los planos de las zonas mencionadas anteriormente y permiten visualizar los sistemas de almacenamiento instalados. En el anexo 4.1 se encuentra el plano de todo el CEDI donde se puede observar la ubicación de cada una de las zonas.

Figura 54: Configuración actual del Almacén 1

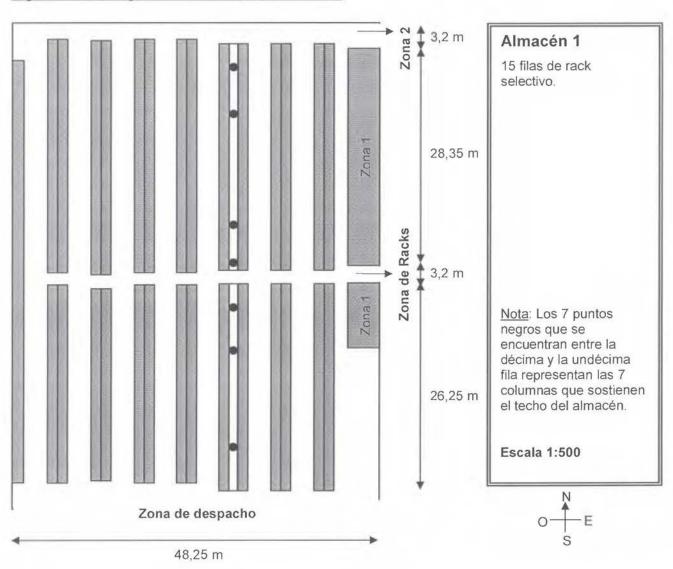


Figura 55: Configuración actual de la Zona de Racks

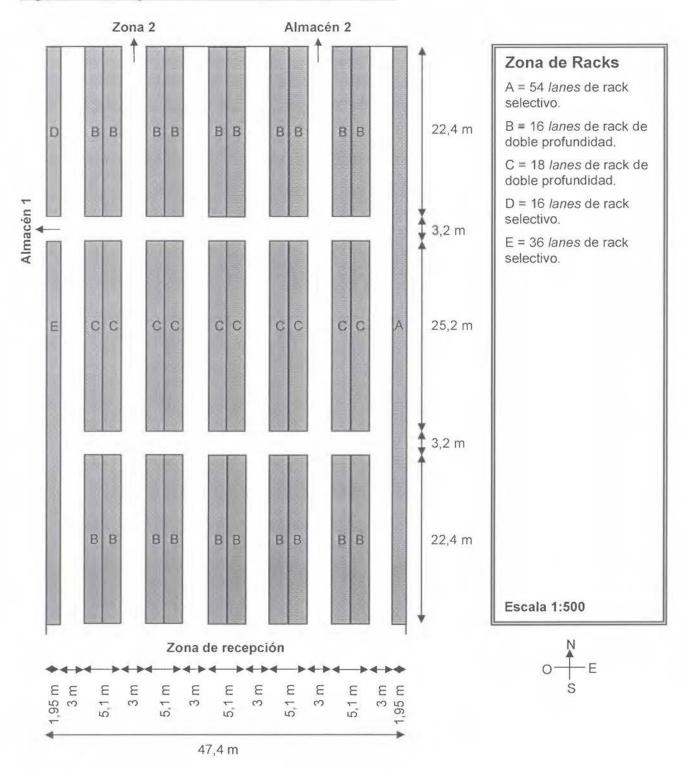
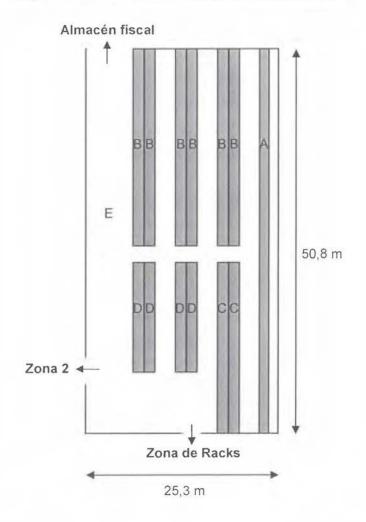


Figura 56: Configuración actual del Almacén 2



Almacén 2

A = 36 *lanes* de rack selectivo.

B = 18 *lanes* de rack selectivo.

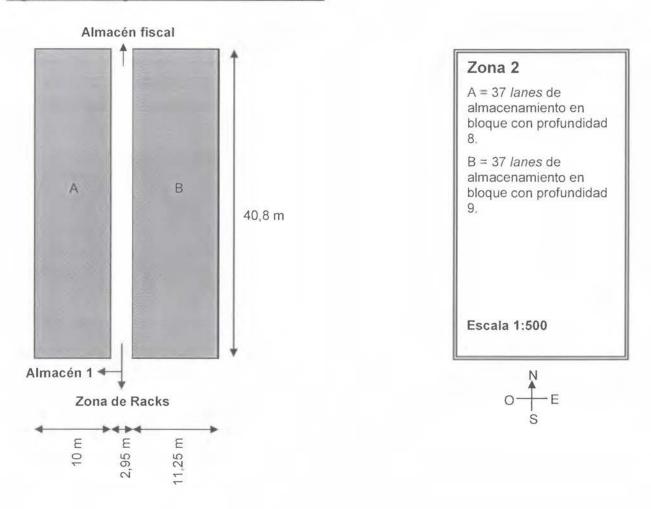
C = 16 *lanes* de rack selectivo.

D = 10 lanes de rack selectivo.

E = Área de trabajo.

Escala 1:500

Figura 57: Configuración actual de la Zona 2



Es importante señalar que del total de 11 316 posiciones que se tienen disponibles en la configuración actual una parte no se puede modificar por un acuerdo que Grupo Servica tiene con el cliente Ferreterías EPA. El acuerdo establece que el Almacén 2 debe de permanecer como está actualmente pues ahí es donde se realizan las labores de etiquetado, empacado y preparación de pedidos de este cliente. Además aparte de las 864 posiciones que hay disponibles en el almacén 2 es preciso reservar para este cliente 2 296 posiciones más que deben de estar en rack (ya sea selectivo o doble, para tarimas de 1,2 m x 1,2 m). Por lo anterior se ha determinado dejar como fijas las 5 filas de rack de doble profundidad que están al costado este de la Zona de Racks (en el plano son las que están más a la derecha), así como la fila de rack selectivo que está contra la pared de ese mismo lado del edificio. Al hacer esto se asegura que se respeta lo acordado con el cliente, mientras que se puede modificar todo el resto del almacén.

Se ha elegido dejar esas filas porque por razones de flujo son las más adecuadas, por ser las que están contiguas al Almacén 2 que es donde se encuentra el resto de mercadería de este cliente y donde se hace el alisto de los pedidos.

3.3.2.2. Diseño de las infraestructuras de almacenamiento propuestas

Se debe de tener presente que las infraestructuras de almacenamiento propuestas deben responder a las características de la operación del CEDI definidas durante la fase de diagnóstico, por lo tanto es importante tomar en cuenta las siguientes recomendaciones obtenidas:

- Implementar una infraestructura de almacenamiento que permita una mayor densidad de almacenamiento. De acuerdo con el "Análisis de tarimas en inventario por SKU", de un 58,3 % de los productos activos se tienen más de 3 tarimas en inventario, y el 98,5 % de las tarimas pertenecen a estos productos, por eso no es recomendable almacenar estos productos en rack selectivo (actualmente un 36,9 % de las posiciones de almacenamiento disponibles son en rack selectivo), sino en sistemas que permitan una mayor densidad de almacenamiento (ver sección 2.3.3.4.2).
- Separar el alisto de bultos del alisto de tarimas, realizar el alisto de tarimas desde la zona de almacenamiento semi-permanente. De acuerdo con el "Análisis de los viajes de alisto según la cantidad de SKUs transportados", el 72,0 % de los viajes de alisto corresponden al traslado de una tarima completa que contiene un solo SKU, esta concentración en el alisto de tarimas completas hace que sea recomendable definir zonas de alisto diferentes para bultos y para tarimas completas (ver sección 2.3.3.1.3).
- La zonificación por familias no es una variable importante a considerar en el diseño de la infraestructura de almacenamiento. Por un lado, la zonificación por familias no tiene un impacto significativo en la reducción de las distancias recorridas, debido a que los viajes de alisto se concentran en el alisto de tarimas completas, tal como se comentó en el punto anterior; y por otro lado se debe recordar que la zonificación por familias disminuye la densidad de almacenamiento,

lo cual va en contra de la recomendación mencionada en el primer punto (ver sección 2.3.3.1.3).

Las recomendaciones anteriores fueron tomadas como base para comenzar a desarrollar diferentes diseños. Primero se realizó una corrida inicial utilizando la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento" para conocer los requerimientos de almacenamiento y los sistemas recomendados, luego con base en estos resultados se fueron diseñando diferentes infraestructuras de almacenamiento, tomando en cuenta las dimensiones de cada zona del CEDI (ver los planos de la sección anterior), las dimensiones de cada sistema de almacenamiento, que se muestran en el cuadro 13, y algunos aspectos considerados que se muestran en el cuadro 14

<u>Cuadro 13: Medidas utilizadas para el diseño de las infraestructuras de almacenamiento</u>

	Rack selectivo	Rack de doble profundidad	Almacenamiento en bloque	Drive-in rack
Ancho de posición	1,19 m	1,19 m	1,05 m	1,53 m
Profundidad de posición	1,30 m	1,28 m	1,25 m	1,30 m
Ancho de pasillo	3,2 m	3,0 m	3,2 m	3,2 m

Tanto el ancho como la profundidad de las posiciones toman en cuenta el área ocupada por los verticales así como la separación entre las posiciones en el caso de los racks, y el área promedio que queda entre tarimas en el caso del almacenamiento en bloque

Cuadro 14: Aspectos considerados para el diseño de las infraestructuras de almacenamiento

En cuanto a las zonas del CEDI:

• El Almacén 1 cuenta con 7 columnas que sostienen el techo (ver figura 54). La ubicación de éstas debe ser tomada en cuenta dentro del diseño pues no se puede colocar nada en esas áreas. En el caso de los pasillos se debe tener el cuidado de no colocar pasillos por donde se ubican las columnas, pues impedirían el paso de los montacargas. En el caso del almacenamiento en bloque o del drive-in rack se debe definir la profundidad de las ubicaciones teniendo en cuenta la existencia de estas columnas; por ejemplo, si desde el pasillo hasta la ubicación de las columnas se pueden colocar 8 tarimas, entonces cualquier otra profundidad que no sea 8 implica un desperdicio de posiciones en los lanes que "choquen" con las columnas.

- El Almacén 1 está adyacente a la zona de despacho (ver figura 54), por lo que el ubicar la zona de alisto de bultos en el Almacén 1 permite disminuir las distancias recorridas durante el alisto. Según la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos" y utilizando datos históricos de alisto de noviembre de 2009 y diciembre de 2009, las posiciones necesarias para tener que reabastecer durante el turno de alisto en menos del 10 % de los días son 323; por otra parte al analizar los datos históricos de inventario existen 65 productos que tienen solamente una o menos tarimas en inventario, por eso la ubicación de almacenamiento que ocupan esos productos puede servir simultáneamente como ubicación de alisto. De esta forma se determina que se deben reservar como mínimo 260 posiciones para la zona de alisto de bultos. Además, los sistemas de almacenamiento recomendados para la zona de alisto de bultos son el rack selectivo o el rack de doble profundidad, por eso es indispensable colocar uno de estos sistemas de almacenamiento que ofrezca por lo menos la cantidad de posiciones señalada anteriormente.
- La Zona 1 se encuentra adyacente al Almacén 1 (ver figura 54), además no existe ninguna pared que la separe del Almacén 1, por lo tanto para el diseño de las diferentes infraestructuras de almacenamiento la Zona 1 será incorporada dentro del Almacén 1.
- La Zona 2 se comunica con el almacén fiscal (ver figura 57). Actualmente se reciben los productos que ingresan desde el almacén fiscal por esta zona, sin embargo se encuentra lejos de la zona de despacho, se debe pasar por el Almacén 1 para llegar a la zona de despacho. Por lo tanto, en términos de distancias recorridas, la Zona 2 es ideal para ser utilizada como zona de almacenamiento de los productos que ingresan desde el almacén fiscal, y no como zona de alisto.
- La Zona de Racks está equipada en este momento con rack de doble profundidad y rack selectivo cuyas posiciones tienen un ancho de 1,4 m, debido a que en esta zona se almacenan los productos de Ferreterías EPA, los cuales son colocados en tarimas de 1,2 m x 1,2 m.

En cuanto a los sistemas de almacenamiento:

- Para el caso del drive-in rack, por cada 4 lanes se debe de colocar una fila rigidizadora,⁴⁷ por eso es recomendable que la cantidad de lanes instalados sea múltiplo de 4, ya que por ejemplo 5 lanes de drive-in rack necesitan 3 filas rigidizadoras, mientras que 8 lanes de drive-in rack también necesitan 3 filas ridigizadoras.
- Para el caso del rack selectivo o rack de doble profundidad, el ancho definido en el cuadro 13 es de 1,19 m, el cual corresponde a posiciones para almacenar tarimas 1,0 m x 1,2 m. Ferreterías EPA es el único cliente de Grupo Servica que no utiliza este tamaño de tarima, sino que usa tarimas de 1,2 m x 1,2 m. Este hecho se ha

⁴⁷ De acuerdo con la recomendación de la empresa Vértice, la cual realizó la cotización de *drive-in* racks para el CEDI de Grupo Servica, se debe de instalar una fila rigidizadora por cada 4 *lanes* de *drive-in* rack, esto con el objetivo de darle rigidez estructural al rack en caso de un sismo.

tomado en cuenta y por eso en algunos diseños en la Zona de Racks hay racks con dos anchos diferentes, algunos son los racks reservados para Ferreterías EPA y los otros son para el resto de clientes.

Tomando en cuenta estas consideraciones se desarrollaron una serie de posibles diseños, los cuales se utilizaron como punto de partida para proceder de la siguiente manera:

- Evaluar el diseño utilizando la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento".
- De acuerdo con el resultado obtenido hacer modificaciones para tratar de mejorar el diseño.
- 3) Evaluar el resultado de cada uno de los nuevos diseños utilizando la herramienta.

Este ciclo se repitió varias veces. En cada etapa se contó con la colaboración del gerente de operaciones del CEDI, quien participó en el análisis cualitativo de cada uno de los diseños. Como resultado de este proceso se llegó a un conjunto de diez diseños de la infraestructura de almacenamiento que se evaluaron con mayor detalle. A continuación se presenta este análisis de las características y debilidades de cada uno de ellos.

3.3.2.2.1. Infraestructura de almacenamiento propuesta 1

De acuerdo con la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento", para satisfacer los requerimientos de almacenamiento en un 100 % de los días de los productos para los cuales el rack selectivo es el sistema óptimo únicamente se necesitan 48 posiciones, sin embargo se requiere disponer de una mayor cantidad de racks selectivos para poder asignar posiciones a la zona de alisto de bultos. De esta forma, al considerar que el propósito del uso de los racks selectivos es principalmente ser la zona de alisto de bultos, y en menor medida ser una zona de almacenamiento, se deben tener en cuenta los siguientes dos puntos.

En primer lugar, los racks selectivos deben estar cerca de la zona de despacho para reducir las distancias recorridas durante los viajes de alisto, por eso en todos los diseños se instalan los racks selectivos en el Almacén 1.

En segundo lugar, los racks selectivos deben ser suficientes para ofrecer posiciones a la zona de alisto de bultos, por eso se diseñó dejar las primeras cinco filas de racks selectivos que se encuentran actualmente al oeste del Almacén 1 (las filas A, B, C, D y E según la nomenclatura del CEDI) y quitar las demás filas, con esto se destinan las 228 posiciones del primer nivel de los racks y 95 posiciones del segundo nivel para el alisto de bultos. A pesar de que el segundo nivel de los racks es difícil de alcanzar y requiere del uso de una escalera durante el alisto, y como consecuencia se disminuye la productividad, aún así se sugiere colocar parte de la zona de alisto de bultos en el segundo nivel, ya que según los datos históricos de alisto (de julio de 2007 a mayo de 2009) de los 326 productos registrados 95 son solicitados en menos de 8,46 % de los días; por lo tanto se pueden ubicar esos productos que pocas veces se solicitan en el segundo nivel (ver sección 3.3.2.4.1.1 para mayor detalle). Esto con el fin de reducir la cantidad de racks selectivos, pues son un sistema de almacenamiento de baja densidad. De esta forma, los racks selectivos ofrecen 684 posiciones de almacenamiento.

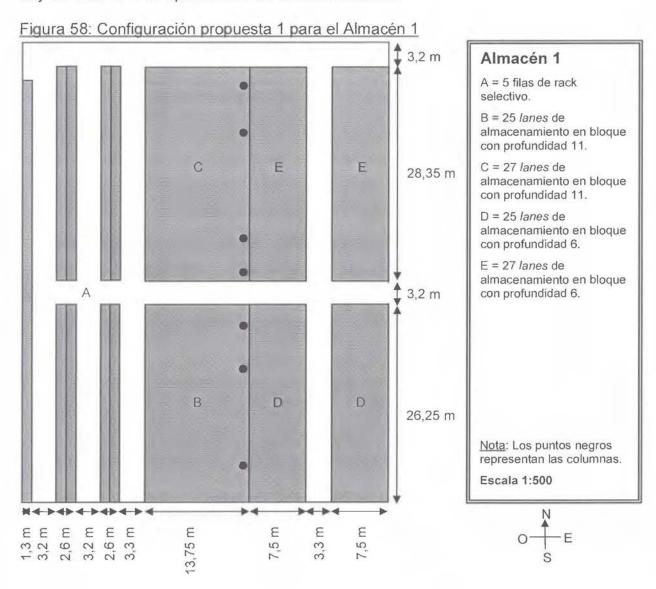
De acuerdo con el análisis de movimiento cúbico por artículo, basado en los datos históricos de alisto de julio de 2007 a mayo de 2009, un 41,6 % de los metros cúbicos de producto alistados corresponden a únicamente 5 productos, los cuales a su vez son los 5 productos que tienen la mayor cantidad promedio de tarimas en inventario. Debido a lo anterior es recomendable almacenar estos productos, que tienen mayor movimiento cúbico y mayor cantidad de inventario en promedio, cerca de la zona de despacho y en almacenamiento en bloque (a menos que el producto no puede ser estibado, en cuyo caso se almacena en *drive-in* rack o rack de doble profundidad).

Por lo tanto, se diseñó colocar las ubicaciones de almacenamiento en bloque en el Almacén 1, ya que esta zona está cerca de la zona de despacho. No se consideró la alternativa de colocar estas ubicaciones en la Zona 2, pues esta se encuentra lejos de la zona de despacho, ni en la Zona de Racks que actualmente está equipado con racks

⁴⁸ En las consideraciones generales se definió que se deben reservar como mínimo 260 ubicaciones para la zona de alisto de bultos, ya que la ubicación de alisto que ocupan 65 productos también sirve como su ubicación de almacenamiento, de esta forma 65 de las 95 ubicaciones de alisto que están en el segundo nivel también cuentan como de almacenamiento. En total las 5 filas de rack selectivo ofrecen 944 posiciones, al restarles 260 posiciones quedan 684 posiciones de almacenamiento.

de doble profundidad, ya que también se requieren de estos racks, por eso no es recomendable desinstalar los racks de doble profundidad que están la Zona de Racks

Debido a que el lado oeste del Almacén 1 es utilizado por los racks selectivos, entonces se coloca el almacenamiento en bloque en el lado este, sin embargo en este lugar se debe tomar en cuenta la existencia de las 7 columnas, así que las profundidades para el almacenamiento en bloque definidas son de 6 y 11 tarimas, esto pues las columnas quedan dentro de las ubicaciones con profundidad de 11 tarimas, y justamente en la posición 11 de cada *lane*, por lo que únicamente se pierde una posición por columna; considerando una estiba de 4 niveles se pierden en total 28 posiciones (7 x 4 = 28). De esta forma, en el almacenamiento en bloque del Almacén 1 hay un total de 4 784 posiciones de almacenamiento.



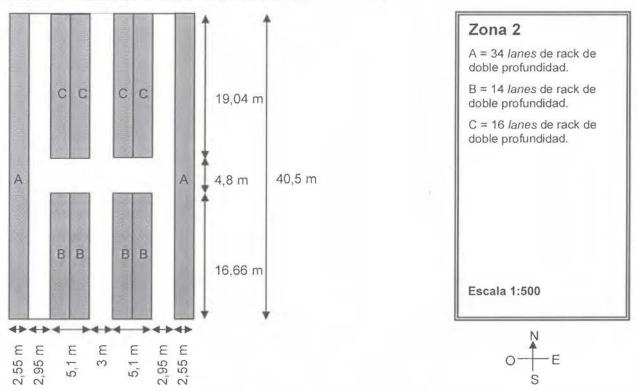
En cuanto a la Zona de Racks se tiene que recordar que se deben de reservar 2 296 posiciones para Ferreterías EPA, razón por la cual se determinó dejar las 5 filas de rack de doble profundidad y la fila de rack selectivo que están al costado este. Por lo tanto quedan 2 288 posiciones (260 *lanes* de rack de doble profundidad y 52 *lanes* de rack selectivo) disponibles para los otros clientes, las cuales se encuentran al costado oeste, esto permite que las tarimas estén cerca al Almacén 1 y la zona de despacho.

Figura 59: Configuración propuesta 1 para la Zona de Racks Zona de Racks A = 54 lanes de rack selectivo. B = 16 lanes de rack de 22,4 m B BB BB BB BB doble profundidad. C = 18 lanes de rack de doble profundidad. D = 16 lanes de rack selectivo. E = 36 lanes de rack 3,2 m selectivo. CC CC CC CC 25,2 m C 3,2 m BB B B BB BB BB 22,4 m Escala 1:500 5,1 m EE E Ε E E E E EE Ε E 5,1

213

De acuerdo con la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento", para satisfacer los requerimientos de almacenamiento en un 100 % de los días de los productos para los cuales el rack de doble profundidad es el sistema óptimo se necesitan 457 lanes, razón por la cual la Zona de Racks no da es suficiente, por eso se diseñó instalar racks de doble profundidad en la Zona 2, esta zona cuenta con la ventaja de estar adyacente al almacén fiscal, por lo que se pueden colocar aquí los productos que ingresan desde el almacén fiscal y que requieren ser almacenados en rack de doble profundidad, por ejemplo los pañales. De esta forma, los racks de doble profundidad instalados en la Zona 2 ofrecen 1 536 posiciones de almacenamiento.

Figura 60: Configuración propuesta 1 para la Zona 2



3.3.2.2.2. Infraestructura de almacenamiento propuesta 2

Esta infraestructura de almacenamiento se deriva de la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 1", la única diferencia está en las profundidades de las ubicaciones de almacenamiento en bloque instaladas en el Almacén 1. En este diseño las profundidades definidas para el almacenamiento en bloque son de 5, 6 y 12

tarimas. Las 7 columnas quedan dentro de las ubicaciones con profundidad de 12 tarimas, y en la posición 11 de cada *lane*, por lo que se pierden dos posiciones por columna (ya que en esos *lanes* las posiciones 11 y 12 no sirven para almacenar tarimas); considerando una estiba de 4 niveles se pierden en total 56 posiciones (14 x 4 = 56).

3.2 m Almacén 1 A = 5 filas de racks selectivos. B = 25 lanes de almacenamiento en bloque con profundidad 12. E C = 27 lanes de 28.35 m almacenamiento en bloque con profundidad 12. D = 25 lanes de almacenamiento en bloque con profundidad 5. E = 27 lanes de almacenamiento en bloque 3,2 m con profundidad 5. F = 25 lanes de almacenamiento en bloque con profundidad 6. G = 27 lanes de almacenamiento en bloque con profundidad 6. B D 26.25 m Nota: Los puntos negros representan las columnas. Escala 1:500 Ε E EEE E 7,5 12 3

Figura 61: Configuración propuesta 2 para el Almacén 1

3.3.2.2.3. Infraestructura de almacenamiento propuesta 3

Esta infraestructura de almacenamiento también se deriva de la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 1", la diferencia también está en las profundidades de las ubicaciones almacenamiento en bloque instaladas en el Almacén 1. En este diseño las profundidades definidas para el almacenamiento en bloque son de 7 y 8 tarimas. Las 7

columnas quedan dentro de las ubicaciones con profundidad de 8 tarimas, y en la posición 6 de cada *lane*, por lo que se pierden tres posiciones por columna (ya que en esos *lanes* las posiciones 6, 7 y 8 no sirven para almacenar tarimas); considerando una estiba de 4 niveles se pierden en total 84 posiciones (21 x 4 = 84).

3,2 m Almacén 1 A = 5 filas de rack selectivo. B = 25 lanes de almacenamiento en bloque con profundidad 8. C = 27 lanes de C 28,35 m almacenamiento en bloque con profundidad 8. D = 25 lanes de almacenamiento en bloque con profundidad 7. E = 27 lanes de almacenamiento en bloque 3,2 m con profundidad 7. D B B 26,25 m Nota: Los puntos negros representan las columnas. Escala 1:500 P4 P4 E Ε EEEEEE E E 8,75 0 0

Figura 62: Configuración propuesta 3 para el Almacén 1

3.3.2.2.4. Infraestructura de almacenamiento propuesta 4

Con el propósito de aumentar la cantidad de posiciones, se procede a evaluar la alternativa de sustituir los racks selectivos que se propuso instalar en el Almacén 1 en la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 1" por racks de doble profundidad, ya que estos últimos reducen el requerimiento de pasillos, y por ende aumentan la densidad de almacenamiento. Se propone cambiar 4 filas de rack selectivo por 2 filas

de rack de doble profundidad, con esto se elimina un pasillo, pero se afectan las labores de alisto tal como se comenta a continuación.

El primer nivel de los racks de doble profundidad sería asignado para la zona de alisto de bultos, sin embargo se debe tomar en cuenta que cada ubicación tiene dos posiciones, por eso no se puede colocar un SKU en la posición anterior y otro en la posición posterior, esto dificultaría el alisto cuando se requiera el SKU que está en la posición posterior, ya que se tendría que sacar primero la tarima que está en la ubicación anterior. Por esta razón la cantidad de posiciones asignadas a cada producto debe ser múltiplo de 2. Por ejemplo si un producto requiere 3 posiciones, se le deben asignar 4 posiciones.

Según se comentó anteriormente las posiciones necesarias para tener que reabastecer durante el turno de alisto en menos del 10 % de los días son 323, donde 126 productos requieren únicamente una posición, mientras que 75 productos necesitan dos o más posiciones. Entonces para estos últimos productos se redondeó hacia arriba la cantidad de posiciones que requerían, de modo que el resultado fuera un múltiplo de 2 por lo comentado anteriormente. Como resultado se tiene que se necesitan 216 posiciones para estos productos. No obstante, el primer nivel de los racks de doble profundidad únicamente tiene 184 posiciones, por eso se deben pasar 32 tarimas a los racks selectivos. De esta forma, los racks de doble profundidad del Almacén 1 ofrecen 584 posiciones de almacenamiento.

En el caso del rack selectivo solamente se dejó la primera fila (la fila A según la nomenclatura del CEDI). En esta fila de rack se deben colocar las 32 tarimas provenientes del cálculo anterior, también las 126 tarimas de aquellos productos que requieren únicamente una posición, por eso en total se debe asignar 158 posiciones a la zona de alisto de bultos. Sin embargo, el primer nivel del rack selectivo únicamente tiene 44 posiciones, por eso se tendrían que colocar 114 tarimas en los niveles superiores, esto aumentaría la dificultad del alisto y disminuiría la productividad de este

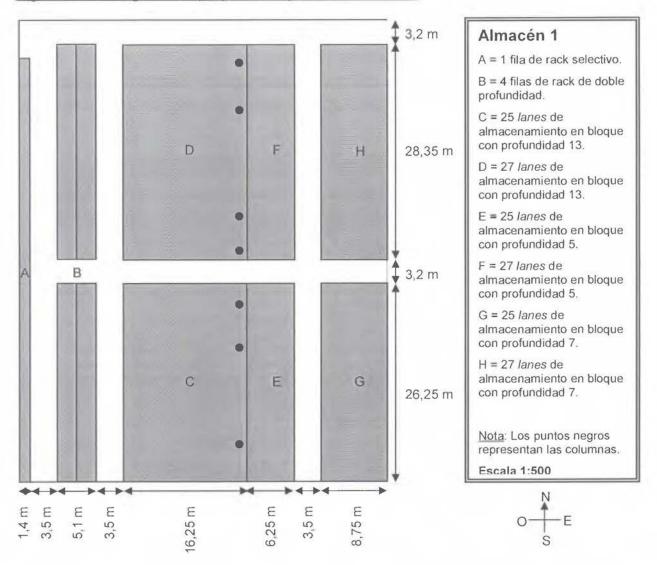
proceso (ver sección 3.3.2.4.1.2 para mayor detalle). De esta forma, los racks selectivos del Almacén 1 ofrecen 84 posiciones de almacenamiento.⁴⁹

Debido a que se logra reducir un pasillo, se gana más área para destinarla al almacenamiento en bloque. Entonces se puede instalar almacenamiento en bloque con profundidades de 5, 7 y 13 tarimas, donde las columnas quedan dentro de las ubicaciones con profundidad de 13 tarimas, y justamente en la posición 13 de cada lane, por lo que únicamente se pierde una posición por columna; considerando una estiba de 4 niveles se pierden en total 28 posiciones (7 x 4 = 28). De esta forma, el diseño ofrece 5 200 posiciones de almacenamiento en bloque.

4

⁴⁹ En las consideraciones generales se definió que se deben reservar como mínimo 260 ubicaciones para la zona de alisto de bultos, ya que la ubicación de alisto que ocupan 65 productos también sirve como la ubicación de almacenamiento, de esta forma 65 de las 114 ubicaciones de alisto que están en los niveles superiores también cuentan como de almacenamiento. Así que los racks selectivos ofrecen 84 posiciones de almacenamiento.

Figura 63: Configuración propuesta 4 para el Almacén 1



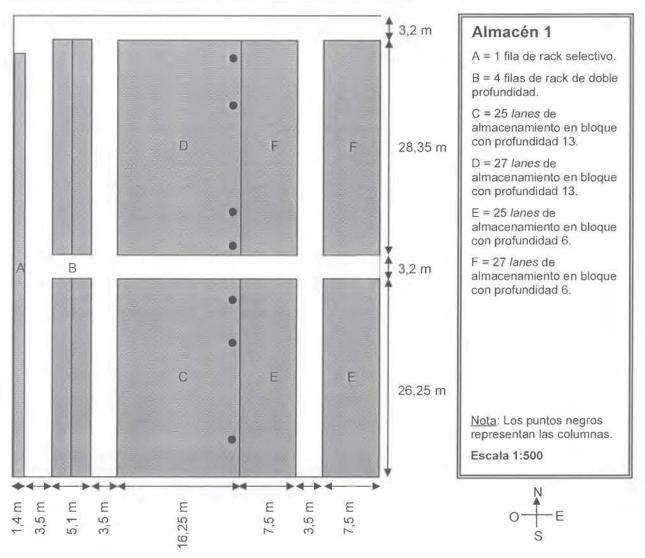
En cuanto a la Zona de Racks y a la Zona 2, se mantiene la misma configuración presentada en la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 1".

3.3.2.2.5. Infraestructura de almacenamiento propuesta 5

Esta infraestructura de almacenamiento se deriva de la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 4", la diferencia está en las profundidades de las ubicaciones de almacenamiento en bloque instaladas en el Almacén 1. En este diseño las profundidades definidas para el almacenamiento en bloque son de 6 y 13 tarimas. Las 7 columnas quedan dentro de las ubicaciones con profundidad de 13 tarimas, y en

la posición 13 de cada *lane*, por lo que se pierde una posición por columna; considerando una estiba de 4 niveles se pierden en total 28 posiciones (21 x 4 = 84).

Figura 64: Configuración propuesta 5 para el Almacén 1



3.3.2.2.6. Infraestructura de almacenamiento propuesta 6

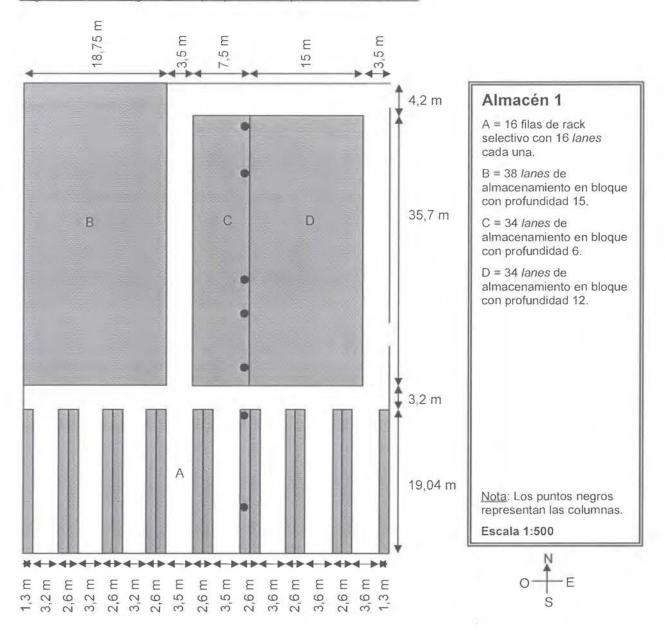
Otra configuración propuesta para el Almacén 1 es cambiando la ubicación de los racks selectivos y del almacenamiento en bloque. En la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 1" los racks selectivos se instalan al oeste del Almacén 1 y el almacenamiento en bloque al este, mientras que en este diseño se propone instalar los racks selectivos al sur del Almacén 1 y el almacenamiento en bloque al norte.

Para el caso de los racks selectivos se instalan 16 filas a lo ancho del Almacén 1, con 16 *lanes* en cada fila. Se destinan las posiciones del primer nivel para el alisto de bultos, en total se cuentan con 256 posiciones. Al tomar en cuenta lo que se definió en las consideraciones generales: reservar mínimo 260 posiciones para la zona de alisto de bultos, únicamente hacen falta 4 posiciones. De esta forma, los racks selectivos ofrecen 768 posiciones de almacenamiento.

Para el caso del almacenamiento en bloque se debe tomar en cuenta la existencia de 5 columnas (2 de las 7 columnas se encuentran entre los racks selectivos), así que las profundidades definidas son de 6, 12 y 15 tarimas. Las columnas quedan dentro de las ubicaciones con profundidad de 6 tarimas, y justamente en la posición 6 de cada *lane*, por lo que únicamente se pierde una posición por columna; considerando una estiba de 4 niveles se pierden en total 20 posiciones (5 x 4 = 20). De esta forma, el diseño ofrece 4 728 posiciones de almacenamiento en bloque dentro del almacén 1.

No obstante, para resolver el problema de las 2 columnas que se encuentran en el área de los racks selectivos se deben acomodar los racks de modo que las columnas queden dentro de los racks y no en los pasillos, esto con el fin de perder únicamente 4 posiciones por columna en vez de imposibilitar el tránsito por los pasillos. Para lograr esto los racks se colocan de una manera tal que el ancho de los pasillos es diferente: los primeros 3 pasillos (el conteo empieza desde el oeste del Almacén 1) tienen un ancho de 3,2 m, los siguientes 2 pasillos tienen un ancho de 3,5 m y los últimos 3 pasillos tienen un ancho de 3,6 m.

Figura 65: Configuración propuesta 6 para el Almacén 1



En cuanto a la Zona de Racks y a la Zona 2, se mantiene la misma configuración presentada en la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 1".

3.3.2.2.7. Infraestructura de almacenamiento propuesta 7

En esta propuesta de infraestructura de almacenamiento se utiliza el *drive-in* rack. De acuerdo con los datos históricos de inventario, los requerimientos de almacenamiento de aquellos productos que son candidatos para ser almacenados en *drive-in* rack son

360 tarimas. Al recordar que para lograr un mejor aprovechamiento del espacio es recomendable que la cantidad de *lanes* de *drive-in* rack instalados sea múltiplo de 4 (pues se debe instalar una fila rigidizadora por cada 4 *lanes*), entonces las posibles configuraciones que permiten almacenar 320 tarimas son: 8 *lanes* de profundidad 10, 5 *lanes* de profundidad 16 o 4 *lanes* de profundidad 20.

Al evaluar la alternativa de instalar *drive-in* rack en la Zona 2, se determinó que en esta área únicamente se puede colocar *drive-in* rack de profundidad 8, por eso no se consideró esta alternativa. Luego al evaluar la alternativa de instalar *drive-in* rack en la Zona de Racks, se presentó la dificultad de colocarlo de tal manera que se favorezca al flujo, ya que por un lado los pasillos no quedarían rectos (no permitirían a los operarios transitar en línea recta), y por otro lado la orientación de los *drive-in* racks y la de los racks instalados en la zona no quedarían iguales. Por lo tanto, se procedió a colocar los *drive-in* racks en el Almacén 1.

En el Almacén 1 tampoco se logró elaborar un diseño para tener *drive-in* rack de profundidad 16 y de profundidad 20, por eso se definió instalar 8 *lanes* de profundidad 10 en la parte suroeste del Almacén 1. Con este diseño se logra tener pasillos que permiten a los operarios transitar en línea recta sin tener que desviarse por encontrarse con algún sistema de almacenamiento instalado en el medio del camino, también colocar los *drive-in* racks en la misma orientación del almacenamiento en bloque, además favorece al alisto de los productos que se encuentran almacenados en este sistema, ya que la parte suroeste del Almacén 1 está a la par de la zona de despacho.

Por otra parte, se colocan 11 filas de rack selectivo en la parte sureste del Almacén 1, con 22 lanes en cada fila con el fin de ubicar la zona de alisto de bultos. Se asignan las posiciones del primer nivel a la zona de alisto de bultos, en total se cuenta con 242 posiciones. Al tomar en cuenta lo que se definió en las consideraciones generales: reservar mínimo 260 posiciones para la zona de alisto de bultos, únicamente hacen falta 18 posiciones, que pueden ser ubicadas en el segundo nivel. De esta forma, los racks selectivos ofrecen 708 posiciones de almacenamiento (177 lanes).

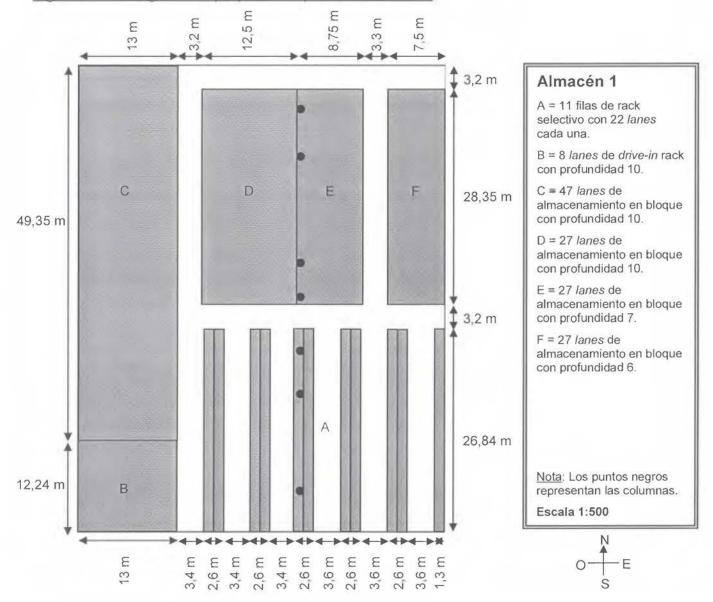


Figura 66: Configuración propuesta 7 para el Almacén 1

En cuanto al área restante del Almacén 1, esta será dedicada a las ubicaciones de almacenamiento en bloque. Nuevamente se debe tomar en cuenta la existencia de 4 columnas (3 de las 7 columnas se encuentran entre los racks selectivos), así que las profundidades definidas son de 6, 7 y 10 tarimas. De este modo las columnas quedan dentro de las ubicaciones con profundidad de 7 tarimas, y justamente en la posición 7 de cada *lane*, por lo que únicamente se pierde una posición por columna; considerando una estiba de 4 niveles se pierden en total 16 posiciones (4 x 4 = 16). De esta forma

este diseño ofrece 4 364 posiciones de almacenamiento en bloque (27 lanes de profundidad 6, 27 lanes de profundidad 7 y 74 lanes de profundidad 10).

Para resolver el problema de las columnas en el área de los racks selectivos se debe tratar de acomodar los racks de modo que las columnas queden dentro de los racks y no en los pasillos, con el fin de perder únicamente 4 posiciones por columna en vez de imposibilitar el tránsito en los pasillos. Por esta razón el ancho de los pasillos es de 3,6 m, y no 3,2 m (medida mínima definida), esto aumenta el área dedicada a los pasillos en un 12,5 %.

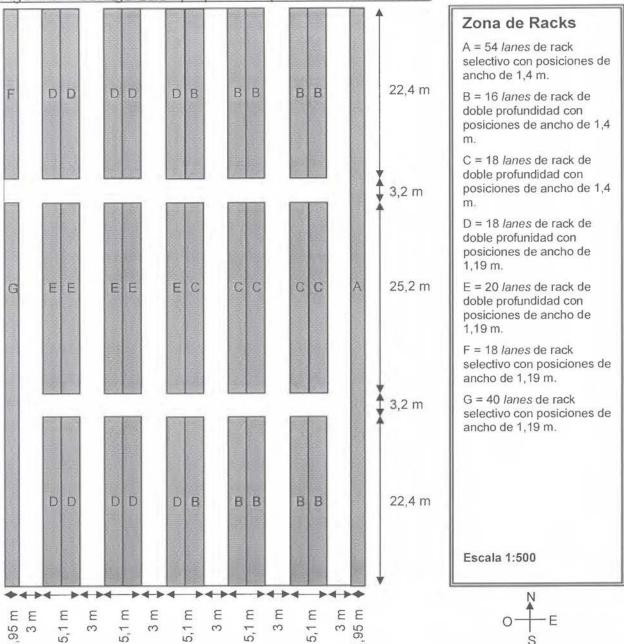
En cuanto a la Zona de Racks y a la Zona 2, se mantiene la misma configuración presentada en la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 1"

3.3.2.2.8. Infraestructura de almacenamiento propuesta 8

Con el objetivo de aumentar la capacidad de almacenamiento, se procedió a evaluar la posibilidad de realizar modificaciones en la Zona de Racks. Actualmente la Zona de Racks está equipada con racks de doble profundidad, cuyas posiciones tienen un ancho de 1,4 m debido a que parte de las tarimas de Ferreterías EPA son almacenadas en esta zona; no obstante en las infraestructuras de almacenamiento diseñadas anteriormente solo la mitad de las posiciones de la Zona de Racks son reservadas para Ferreterías EPA, por lo que se puede modificar el ancho de las restantes posiciones y cambiarlo por 1,19 m.

En los diseños anteriores las 5 filas de rack de doble profundidad y la fila de rack selectivo que se encuentran al este de la Zona de Racks son reservadas para Ferreterías EPA, por eso cuyas posiciones se quedarían con un ancho de 1,4 m, pero las 5 filas de rack de doble profundidad y la fila de rack selectivo que están al oeste serían modificadas para tener un ancho de 1,19 m, con esto se logra tener 2 552 posiciones de almacenamiento (290 *lanes* de rack de doble profundidad y 58 *lanes* de rack selectivo), es decir, 264 posiciones más en comparación con el diseño de la Zona de Racks sin modificar el ancho de las posiciones.





A continuación se procede a combinar esta nueva configuración de la Zona de Racks con las infraestructuras de almacenamiento diseñadas anteriormente. Se eligen las Infraestructuras de Almacenamiento 1, 4 y 7 para esta evaluación pues fueron las que obtuvieron los mejores resultados de cada familia de diseños al simular su desempeño con los datos históricos de inventarios del CEDI (esto se puede observar en la sección 3.3.2.4).

La "Infraestructura de almacenamiento propuesta 8" corresponde a la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 1" usando la nueva configuración de la Zona de Racks.

3.3.2.2.9. Infraestructura de almacenamiento propuesta 9

Este diseño corresponde a la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 4" usando la nueva configuración de la Zona de Racks. Ese diseño del Almacén 1 es en el que se sustituyen 4 filas de rack selectivo por 2 filas de rack de doble profundidad, con el consecuente aumento en la capacidad, pero dificultando las labores de alisto.

3.3.2.2.10. Infraestructura de almacenamiento propuesta 10

La "Infraestructura de almacenamiento propuesta 10" corresponde a la "Infraestructura de almacenamiento propuesta 7" usando la nueva configuración de la Zona de Racks. Ese diseño del Almacén 1 es en el que se utilizan *drive-in* racks.

3.3.2.3. Requerimientos del WMS y de los equipos para el manejo de materiales para la implementación de las infraestructuras de almacenamiento propuestas

Las infraestructuras de almacenamiento presentadas en la sección anterior no solo tendrían impacto sobre la operación del CEDI, sino también sobre el Sistema de Información y los equipos para el manejo de materiales, tal como se explica a continuación.

3.3.2.3.1. Requerimientos del WMS

Para implementar cualquiera de las infraestructuras de almacenamiento propuestas es necesario que el WMS utilizado por el CEDI cuente con las siguientes funcionalidades:

 Permitir el putaway guiado: dirigir al operario a ubicar cada tarima en una ubicación específica dentro del almacén.

<u>Justificación</u>: en todos los diseños propuestos se utilizan distintos tipos de sistemas de almacenamiento, y cada producto está asignado a un determinado sistema, razón por la cual la colocación de una tarima en una ubicación no debe

estar sujeta al criterio del operario que transporta la tarima a la zona de almacenamiento, sino guiada por el WMS. El WMS debe identificar cuál es el sistema de almacenamiento asignado para el producto por colocar, en caso de que sea un sistema con múltiples posiciones por ubicación determinar si hay ubicaciones parcialmente llenas, o si no, cuáles ubicaciones de dicho sistema de almacenamiento están disponibles. Esto con el fin de garantizar que el producto se almacene en el sistema de almacenamiento asignado y de una forma que se maximice la utilización de las ubicaciones.

 Separar las órdenes de alisto: alistar los bultos desde la zona de alisto de bultos y las tarimas desde la zona de almacenamiento semi-permanente.

Justificación: todos los diseños cuentan con una zona de alisto de bultos y una zona de almacenamiento semi-permanente, desde la cual se alistan las tarimas completas de producto. De esta forma se reduce la cantidad de ubicaciones dedicadas a la zona de alisto de bultos y se disminuyen las labores de reabastecimiento de esas ubicaciones. Para esto, por un lado el WMS debe contar con la información sobre la cantidad de bultos por tarima de cada uno de los productos, para poder identificar la porción de la línea que corresponde a tarimas completas y la porción que corresponde a una fracción, y por otro lado el WMS debe poder separar las órdenes en alisto de bultos y alisto de tarimas, y posteriormente consolidarlas para su despacho.

Otras funcionalidades recomendadas para el WMS, aunque no indispensables para la implementación de las infraestructuras de almacenamiento propuestas, son las siguientes:

 Diseñar el tour de alisto con base en una secuencia que minimice las distancias recorridas.

Justificación: esto no es estrictamente necesario para poder implementar alguna de las infraestructuras propuestas, sin embargo con esto se logra una mejora en la productividad del almacén. Un beneficio de separar el alisto de bultos del alisto de tarimas es la reducción de las distancias recorridas durante los viajes de alisto de bultos, pues los operarios no tienen que recorrer todo el almacén, sólo tienen que

viajar dentro de la zona de alisto de bultos. Con el objetivo de maximizar este beneficio el WMS debe ser capaz de asignar una secuencia de líneas de alisto que minimice las distancias recorridas, tomando en cuenta la ubicación relativa de los productos.

Notificar automáticamente la necesidad de reabastecer las ubicaciones de la zona de alisto de bultos.

Justificación: con el propósito de no atrasar el proceso de alisto debido al reabastecimiento, el WMS debe tener la capacidad para identificar si hay suficiente producto en la zona de alisto de bultos para completar el alisto de una orden, e indicar de manera automática y rápida al operario encargado para que proceda con el reabastecimiento en caso de que haya faltantes.

Facilitar un seguimiento continuo del desempeño de la operación.

Justificación: el WMS debe poder calcular automáticamente los principales indicadores necesarios para medir el desempeño de cada proceso, tales como la productividad (tanto de recepción como de alisto), exactitud (tanto de recepción como de alisto), densidad de almacenamiento, utilización por sistema de almacenamiento, entre otros. Los resultados de cada indicador son importantes para la administración del almacén, ya que permiten conocer la situación actual del almacén y ejecutar acciones correctivas a tiempo.

3.3.2.3.2. Requerimientos de los equipos para el manejo de materiales

No existe una manera exacta de proyectar cómo el aumento de la cantidad de posiciones de almacenamiento afectaría los requerimientos de los equipos para el manejo de materiales. Sin embargo, es factible suponer que la cantidad de tarimas por manejar es una función de la cantidad de tarimas almacenadas en el CEDI, por lo que se puede considerar que la carga de trabajo para los equipos para el manejo de materiales es proporcional a la cantidad de posiciones de almacenamiento utilizadas.

En el caso de los apiladores, actualmente estos son utilizados para manejar las tarimas almacenadas en los racks de doble profundidad. En la infraestructura de

almacenamiento actual se tienen instalados racks de doble profundidad en la Zona de Racks, los cuales cuentan con 4 160 posiciones de almacenamiento, ⁵⁰ por su parte en las infraestructuras de almacenamiento diseñadas se propuso colocar este tipo de racks también en la Zona 2. Además en las infraestructuras de almacenamiento 4, 5 y 9 se planteó instalar 4 filas de estos racks en el Almacén 1, y en las infraestructuras de almacenamiento 8, 9 y 10 se consideró cambiar el ancho de las posiciones para la mitad de los racks de la Zona de Racks. Todas las propuestas anteriores aumentan considerablemente la cantidad de posiciones de los racks de doble profundidad, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 15: Porcentaje de aumento en las posiciones de rack de doble profundidad con respecto a la infraestructura de almacenamiento actual

Configuración propuesta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad de posiciones	5 696	5 696	5 696	6 280	6 280	5 696	5 696	5 936	6 520	5 936
% de aumento de posiciones	36,92%	36,92%	36,92%	50,96%	50,96%	36,92%	36,92%	42,96%	56,73%	42,96%

Hoy día los dos apiladores con que cuenta el CEDI tienen un nivel de utilización cercano al 90 %, además en algunas ocasiones requieren del apoyo de los montacargas para manejar las tarimas almacenadas en los racks de doble profundidad (ver sección 2.3.2.2.2.2), por lo que al tener que manejar mínimo un 36,92 % de tarimas más, se estima que los dos apiladores no darían abasto, razón por la cual se tendría que adquirir un apilador más. Se calcula que un apilador más sería suficiente pues el aumento máximo es de 56,73 % y en 7 de los 10 diseños propuestos el aumento es menor a 43 %.

En el caso de los montacargas, actualmente estos son utilizados para manejar las tarimas almacenadas en los racks selectivos y el almacenamiento en bloque, también para apoyar a los apiladores a movilizar las tarimas almacenadas en los racks de doble profundidad (ya que los montacargas pueden manejar las tarimas que se encuentran en la posición frontal). En la infraestructura de almacenamiento actual los racks

⁵⁰ De las 4 160 posiciones de almacenamiento 2 080 posiciones están reservadas para Ferreterías EPA, mientras que las otras 2 080 posiciones son utilizadas para los demás clientes (ver sección 3.3.2.1).

selectivos y el almacenamiento en bloque en conjunto suman 7 156 posiciones, y en las infraestructuras de almacenamiento diseñadas se mantiene una cantidad de posiciones muy similar, con un leve porcentaje de disminución tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 16: Porcentaje de disminución en las posiciones de rack selectivo y almacenamiento en bloque con respecto a la infraestructura de almacenamiento actual

Configuración propuesta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad de posiciones	7 016	7 016	7 016	6 848	6 848	7 040	6 940	7 040	6 872	6 964
% de disminución de posiciones	1,96%	1,96%	1,96%	4,30%	4,30%	1,62%	3,02%	1,62%	3,97%	2,68%

Debido a que no existe un aumento en las posiciones de rack selectivo y de almacenamiento en bloque, no se espera que la carga de trabajo de los montacargas aumente. Además, al adquirir un apilador más se reduciría la necesidad de solicitar el apoyo de los montacargas, por eso la carga de trabajo de estos últimos podría reducir.

Aparte de las funciones anteriores los montacargas también deben apoyar el alisto de tarimas completas. En los diseños propuestos se planteó separar el alisto de bultos del alisto de tarimas, lo cual requiere del uso de los montacargas durante el alisto para transportar las tarimas solicitadas hasta la zona de despacho, esto podría hacer pensar que la utilización de los montacargas aumentaría.

No obstante, a pesar de que actualmente se realiza el alisto de bultos utilizando carretillas manuales o carretillas hombre a bordo, siempre se necesitan los montacargas para llevar las tarimas desde la zona de almacenamiento semi-permanente a la zona de alisto de bultos, por lo que se estima que la utilización de los montacargas en el proceso de alisto no aumentaría con respecto a la actual.

Con base en el análisis anterior se concluye que los tres montacargas actuales serían suficientes para cualquiera de las infraestructuras de almacenamiento propuestas.

Finalmente, en el caso de las carretillas manuales y carretillas hombre a bordo, su utilización en el alisto se reduciría, ya que el diseño separa el alisto de bultos del alisto de tarimas. Al considerar que únicamente en el alisto de bultos se usarían las

carretillas, ya que en el alisto de tarimas se utilizarían los montacargas, y que según los datos históricos un 72,0 % de los viajes de alisto corresponden al alisto de tarimas completas (ver sección 2.3.3.1.3), se puede afirmar que las carretillas con que se cuenta actualmente son suficientes para la implementación de cualquiera de las configuraciones propuestas.

3.3.2.4. Evaluación y selección de las infraestructuras de almacenamiento diseñadas

Una vez que se han descrito las principales alternativas de diseño que se consideraron, y se han determinado las modificaciones necesarias tanto en los equipos para el manejo de materiales como en el WMS, el siguiente paso consiste en la evaluación de todas las opciones para elegir la mejor. Esta valoración se efectúa en función de dos variables, por un lado se tiene la variable operativa y por otro lado está la variable financiera.

Con base en el análisis realizado, a cada configuración se le otorga una calificación entre 1 y 5, siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta, para el criterio operativo, mientras que para el criterio financiero se calculan el valor actual neto y la tasa interna retorno. Posteriormente se hace un análisis conjunto de ambos valores para determinar cuál es la mejor alternativa.

3.3.2.4.1. Evaluación de las variables operativas

Este análisis se centra en dos elementos, el flujo resultante en cada configuración, y la facilidad o dificultad con que se realiza el proceso de alisto de bultos en cada uno de los diseños propuestos.

Debido a que hay configuraciones que tienen un diseño común, y que lo único que varía es la profundidad de las ubicaciones de almacenamiento en bloque, o el ancho de las ubicaciones de rack de doble profundidad, estos diseños se agrupan para realizar un solo análisis común.

3.3.2.4.1.1. Infraestructuras de almacenamiento propuestas 1, 2, 3 y 8

En este caso el flujo de producto desde que entra al almacén, ya sea proveniente del almacén fiscal o de los andenes ubicados en la Zona de Racks, hasta la zona de despacho se da principalmente en una sola dirección, el único caso donde existe un contraflujo son aquellos productos que ingresan por el almacén fiscal y que son colocados en la parte sur de la Zona de Racks, pues cuando se transportan desde su ubicación de almacenamiento hasta la zona de despacho o la zona de alisto de bultos se "devuelven" hasta el pasillo que comunica la Zona de Racks con el Almacén 1, tal como se muestra en la siguiente figura.

Almacén fiscal

Zona 2

Almacén 2

Almacén 1

Zona de Racks

Figura 68: Flujo en las infraestructuras de almacenamiento propuestas

Por otro lado, la mayor parte del movimiento de alisto de tarimas se hace desde el Almacén 1, pues ahí están colocadas todas las ubicaciones de almacenamiento en

Andenes

bloque y los productos con el mayor movimiento cúbico son los que se almacenan en bloque (ver sección 3.3.2.2.1). Asimismo 75 lanes de las ubicaciones de almacenamiento en bloque están en la mitad sur del Almacén 1, lo que implica que están muy cerca de los andenes de despacho (que están al extremo sur de este edificio). Esto permite reducir la distancia recorrida durante el alisto, y por lo tanto el tiempo consumido en esta labor.

En el caso del alisto de bultos esta zona también se ubica colindante con el área de despacho, y solo comprende 3 pasillos, por lo que se asegura que la distancia recorrida por los alistadores es menor que la necesaria actualmente que el alisto se hace desde todo el Almacén 1.

Una característica importante es que en la zona de alisto de bultos se espera que el flujo de montacargas sea muy bajo, únicamente para reabastecer las ubicaciones. Si se toma en cuenta que la cantidad de ubicaciones de alisto asignadas son suficientes para que cada producto solo se tenga que reabastecer durante el turno de alisto en un máximo del 10 % de los días, esto significa que la cantidad de viajes de reabastecimiento esperados es menor a 33.⁵¹

Asimismo vale señalar que las carretillas de alisto no circularían nunca fuera del área de alisto, por lo que los montacargas y apiladores podrían viajar más rápido, al no haber posibilidad de un choque con un alistador.

Todos los pasillos en el Almacén 1 tienen un ancho de 3,2 m o superior, lo que permite el tránsito de dos montacargas lado a lado en un pasillo, y es superior al radio de giro de estos, por lo que no debería de haber ninguna dificultad durante la colocación o extracción de las tarimas desde las ubicaciones de almacenamiento. En Zona de Racks y en Zona 2 los pasillos tienen un ancho de 3,0 m pues son para el tránsito de apiladores y no de montacargas, y estos tienen un radio de giro menor, por lo que este ancho de pasillo es adecuado para su tránsito.

⁵¹ Se tienen 323 posiciones en el área de alisto, si cada posición debe ser reabastecida a lo sumo en un 10 % de los días, se tiene que 323 x 0,01 = 32,3.

En lo concerniente al proceso de alisto de bultos se puede mencionar que se destinan 228 posiciones del primer nivel del rack selectivo para este propósito, esto significa que 95 posiciones quedan en el segundo nivel, sin embargo los productos que se colocan en esas posiciones se solicitan en menos de un 8,5 % de los días, de modo que el valor esperado de la cantidad de veces que se debe de alistar desde el segundo nivel por día es menor a 8.

Como el alisto se hace desde rack selectivo el proceso de extracción de los bultos es muy sencillo, igual a como se hace actualmente, y permite realizar el alisto rápidamente, a diferencia de cuando el alisto se hace desde un rack de doble profundidad, lo que dificulta considerablemente la labor.

Con base en todos los elementos que se han explicado anteriormente, a estas configuraciones se les da una calificación de 5 en el aspecto operativo.

3.3.2.4.1.2. Infraestructuras de almacenamiento propuestas 4, 5 y 9

En lo que respecta al flujo de producto a través del almacén, para estás propuestas de diseño aplican exactamente las mismas consideraciones expuestas en la sección anterior. Esto porque la ubicación de los distintos tipos de sistemas de almacenamiento es la misma, lo único que varía es que en el Almacén 1 se sustituyen 4 filas de rack selectivo por 2 filas de rack de doble profundidad, lo que implica que los productos que se hubiesen almacenado en esas posiciones de rack selectivo ahora se almacenarían en esas posiciones de rack de doble profundidad, por lo que el flujo de producto sigue siendo el mismo.

Sin embargo, en el flujo de los equipos para el manejo de materiales sí hay una diferencia, específicamente en lo que respecta a los apiladores. Debido a que se instalan dos filas de rack de doble profundidad en el Almacén 1, cuando se tengan que alistar tarimas que estén colocadas en esas ubicaciones será necesario que los apiladores viajen desde la Zona de Racks o la Zona 2 (donde están el resto de los racks de doble profundidad). Para hacer esto los apiladores tienen que atravesar todo el Almacén 1, lo que significa tiempo perdido.

La otra situación donde se presenta este inconveniente es cuando es necesario reabastecer ubicaciones de alisto que están en el primer nivel del rack de doble profundidad del Almacén 1. Como estas ubicaciones tienen 2 posiciones de profundidad no pueden ser reabastecidas por los montacargas, pues estos no tienen capacidad de acceder a la posición posterior. Por lo tanto cada vez que sea necesario reabastecer una de estas 92 ubicaciones un apilador tendrá que viajar desde la Zona de Racks o la Zona 2 para hacerlo, y posteriormente regresar a donde estaba, lo que representa una pérdida de tiempo.

En el proceso de alisto existe una diferencia muy importante, y es que en estas configuraciones la mayor parte de las posiciones de alisto están en rack de doble profundidad y no en rack selectivo. Posiciones de alisto en primer nivel hay 228, 184 de las cuales están en rack de doble profundidad mientras que 44 se encuentran en rack selectivo. El tener las posiciones de alisto del primer nivel en rack de doble profundad conlleva una serie de complicaciones significativas:

- El reabastecimiento lo tienen que hacer los apiladores, pues al ser ubicaciones de doble profundidad ni los montacargas ni las carretillas pueden acceder a la posición posterior, esto podría interferir con la eficiencia del proceso de alisto.
- Cuando los alistadores requieren extraer producto desde la posición de adentro tienen que introducirse en el rack. Esto va en contra de las normas de seguridad recomendadas por el fabricante de los racks, además aumenta el tiempo necesario para alistar cada producto.
- Cuando se pide una cantidad de bultos cercana a una tarima completa el alistador no puede extraer toda la tarima y nada más devolver los bultos que sobran, sino que debe de extraer todos los bultos de la tarima donde están almacenados y colocarlos en la tarima que está usando para el alisto. Esto porque las tarimas colocadas en el primer nivel no están sobre el piso, pues en el rack de doble profundidad tiene que haber un larguero en la parte inferior del primer nivel para que el apilador pueda introducir las ruedas delanteras dentro del rack. Esto hace imposible extraer la tarima con una carretilla.

El otro inconveniente que se tiene en el alisto es que hay que colocar 44 tarimas en el segundo nivel del rack selectivo, 44 tarimas en el tercer nivel y 26 tarimas en el cuarto nivel. Para alistar un producto que está almacenado en el tercer o cuarto nivel es imprescindible el uso de un montacargas, lo que dificulta y atrasa significativamente el proceso de alisto.

Con base en todos los elementos que se han explicado anteriormente, a estas configuraciones se les da una calificación de 2 en el aspecto operativo.

3.3.2.4.1.3. Infraestructura de almacenamiento propuesta 6

En esta configuración se cambia la ubicación de los racks selectivos en el Almacén 1 y se colocan en el extremo sur, adyacentes a la zona de despacho. Al ponerlos en esa ubicación se reducen las distancias recorridas en los viajes de alisto de bultos, sin embargo se incrementan las distancias recorridas en los viajes de alisto de tarimas pues las ubicaciones de almacenamiento en bloque no están junto a la zona de despacho, sino que se encuentran en la parte norte del edificio, es decir en el lado opuesto de la zona de despacho. Considerando que de acuerdo con el "Análisis de los viajes de alisto según la cantidad de SKUs transportados", un 72 % de los viajes corresponden al alisto de tarimas completas, es decir, se realizan desde la zona de almacenamiento semi-permanente (ver sección 2.3.3.1.3), se puede afirmar que la mayor parte de los viajes de alisto corresponden al alisto de tarimas completas, por lo que el efecto combinado de esta modificación es un incremento en las distancias recorridas respecto a las otras configuraciones evaluadas.

A esto se le suma el inconveniente de que los montacargas deben de transitar por los mismos pasillos en que se realiza el alisto de bultos cada vez que llevan una tarima a la zona de despacho, pues los racks selectivos abarcan todo el ancho del Almacén 1 Esto los obliga a reducir la velocidad, además de que representa un peligro, especialmente cuando los alistadores están utilizando una escalera para extraer algún producto colocado en el segundo nivel.

Al igual que en el primer conjunto de configuraciones el flujo es en una sola dirección en la gran mayoría de los casos, con un único contraflujo, además todos los pasillos en

el Almacén 1 son de 3,2 m de ancho, mientras que en Zona de Racks y Zona 2 son de 3,0 m. El alisto de bultos se hace en su totalidad desde rack selectivo, con lo que se facilita este proceso.

Uno de los elementos positivos es que la cantidad de ubicaciones de alisto en primer nivel (256) es mayor que en cualquier otra configuración, por lo que se reduce la cantidad de veces en que se debe de alistar desde el segundo nivel, con un valor esperado de menos de 6 veces por día.

Con base en todos los elementos que se han explicado anteriormente, a esta configuración se le da una calificación de 3 en el aspecto operativo.

3.3.2.4.1.4. Infraestructuras de almacenamiento propuestas 7 y 10

Estas configuraciones incorporan el uso del *drive-in* rack. El flujo se mantiene en su mayor parte directo, ocurriendo un único contraflujo, el mismo que se ha mencionado en los otros casos, y todos los pasillos del Almacén 1 tienen un ancho de 3,2, mientras que en Zona de Racks y Zona 2 tienen un ancho de 3,0 m.

El *drive-in* rack se coloca junto a la zona de despacho por lo que al alistar las tarimas de los productos almacenados en este sistema las distancias recorridas son mínimas. Esta es una ventaja respecto a los otros diseños donde estos productos se almacenan en rack de doble profundidad y por lo tanto las distancias recorridas durante el alisto son considerablemente mayores, aunque durante el *putaway* son menores. La distancia total en ambos casos es la misma, la diferencia radica en que cuando sucede.

Al igual que en la configuración propuesta 6 el rack selectivo se coloca junto al área de despacho, por lo que al alistar bultos la distancia recorrida es menor que en los casos en que las filas de rack selectivo se colocan no a lo ancho del Almacén 1, sino a lo largo. Sin embargo el colocar los racks selectivos en esa posición afecta el tránsito de los montacargas, pues cada vez que se alista una tarima que haya estado almacenada en bloque o en rack de doble profundidad se debe de pasar por la zona de racks selectivos, donde se están alistando bultos, lo que obliga a los montacargas a reducir la velocidad y transitar con más cuidado. Al igual que se mencionó en la sección anterior esta característica tiene el agravante del peligro que puede representar para los

alistadores, principalmente cuando están alistando productos ubicados en el segundo nivel.

Similar a lo que sucede en la configuración anterior en este caso las ubicaciones de almacenamiento en bloque se ubican en la parte norte del edificio, por lo que las distancias recorridas durante el alisto de estos productos es mayor que en los casos en que la zona de almacenamiento en bloque colinda con el área de despacho. En estas configuraciones las ubicaciones de almacenamiento en bloque están más lejos, pues las separan 22 lanes de rack selectivo del área de despacho, mientras que en la configuración anterior eran 16 lanes.

En estos diseños todo el alisto de bultos se hace desde rack selectivo, se tienen 242 posiciones en el primer nivel y 79 en el segundo nivel, por lo que se espera alistar menos de 7 veces por día desde el segundo nivel.

Al estar todas las posiciones de alisto de bultos en rack selectivo se facilita la labor respecto a las configuraciones que tienen rack de doble profundidad en el área de alisto.

Con base en todos los elementos que se han explicado anteriormente, a estas configuraciones se les da una calificación de 3 en el aspecto operativo.

3.3.2.4.2. Evaluación de las variables financieras

Para realizar una evaluación financiera de cada una de las configuraciones es necesario determinar qué impacto tendrían sobre los ingresos, los gastos, y cuál sería la inversión necesaria para implementarla.

Los ingresos y los costos variables son una función de la cantidad de tarimas que se almacenan en el CEDI, mientras que la inversión es una función del tipo y cantidad de sistemas de almacenamiento y equipo para el manejo de materiales que sea necesario adquirir, por lo tanto se ha segmentado este análisis en dos partes.

3.3.2.4.2.1. Capacidad de almacenamiento

Este análisis financiero se basa en el supuesto de que los ingresos y el costo variable de la operación del Centro de Distribución son directamente proporcionales a la cantidad de tarimas almacenadas. En el caso de los ingresos la relación es directa, pues se les cobra a los clientes en términos de posición-tiempo, ⁵² en el caso del costo variable la relación es indirecta, la mayor parte de los costos variables están asociados con el movimiento de tarimas dentro del almacén, y no con el almacenamiento propiamente, sin embargo es factible suponer que al aumentar la cantidad de tarimas almacenadas también va a aumentar la cantidad de tarimas manejadas, y por lo tanto el costo variable.

Es importante señalar otro supuesto del análisis: al aumentar la capacidad incrementa la cantidad de producto manejado. Para que esto suceda debe de haber suficiente demanda, actualmente el CEDI tiene demanda insatisfecha, y por eso ha sido necesario alquilar la bodega de Turrúcares (ver explicación sobre esto más adelante en esta sección), por lo que se considera que se cumple esta condición.

En vista de todo lo anterior, para estimar el impacto que tendría cada una de las configuraciones sobre los ingresos y el costo variable, lo primero que se debe de hacer es estimar el incremento en la capacidad neta, y posteriormente utilizar este resultado para calcular el efecto sobre los ingresos y el costo variable de cada alternativa, eso se realiza en la sección de rentabilidad.

Es muy importante que se utilice la capacidad neta y no la capacidad bruta, pues como se explicó en la sección 3.3.1.1.2 esta es la que define la cantidad real de tarimas que se espera tener almacenadas. Si se logra un incremento de la capacidad bruta del 100 % pero a la vez la utilización de las ubicaciones asignadas se reduce a la mitad, el efecto sobre la cantidad de tarimas almacenadas es nulo, como bien lo predice la capacidad neta, que se mantiene en el mismo valor.

⁵² También se cobra por el movimiento de tarimas, pero como se explica posteriormente en el párrafo, se supone que al aumentar las tarimas almacenadas también aumenta la cantidad movilizada.

Para calcular la capacidad neta de cada configuración propuesta se ha utilizado el módulo de "Evaluación del resultado de utilizar una determinada configuración de sistemas de almacenamiento" de la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento". Se ha hecho una corrida con cada una de las configuraciones presentadas en la sección 3.3.2.2, y en cada caso se ha obtenido el valor de capacidad neta junto con otras variables de salida.

Para realizar las corridas con la herramienta se han utilizado los datos de inventario del periodo que va del 1/09/09 hasta el 11/11/09.

Es importante señalar que durante el periodo de realización de este proyecto la cantidad de producto manejado por Grupo Servica aumentó considerablemente (el inventario promedio de abril del 2009 fue de 7 341 tarimas, mientras que el promedio de octubre del 2009 fue de 10 532 tarimas lo que representa un aumento del 43,5 %), esto obligó a la empresa a alquilar otra bodega, la cual se ubica en Turrúcares de Alajuela y tiene un área de 4 500 m². Sin embargo, este proyecto está enfocado en las instalaciones originales del Centro de Distribución, ⁵³ por lo tanto los datos de inventario utilizados no son el inventario total que se tiene de cada producto, sino lo que se almacenó en las instalaciones de El Coyol.

Es importante explicar el criterio que se utiliza en Grupo Servica para definir cuál producto es el que se almacena en la bodega de Turrúcares, de modo que se tenga certeza que los supuestos de los que parte la herramienta, y que se explicaron en la sección 3.3.1.1 realmente se cumplen.

Debido a que todo el despacho de pedidos se hace desde el Centro de Distribución, se debe de tener inventario de todos los productos en este almacén. La elección de cuáles productos se reubican en la otra bodega se hace con base en dos variables: la cantidad de tarimas que se tiene de cada producto, y la cantidad de días inventario que se tiene de cada producto. A partir de eso se han seleccionado determinados productos, de los cuales todas las tarimas que estén en exceso de un mes de inventario se envían a la

241

.

⁵³ En este proyecto no se analizó la bodega de Turrúcares por estar más allá del alcance del mismo, sin embargo se le ha recomendado a la empresa utilizar la herramienta para realizar el mismo análisis que se hizo para las instalaciones ubicadas en El Coyol.

bodega de Turrúcares, mientras que el resto de inventario queda en las instalaciones de El Coyol de Alajuela. Es precisamente este inventario el que se ha utilizado para las simulaciones con las que se evaluaron las distintas posibles configuraciones de la infraestructura de almacenamiento.

Para que los resultados obtenidos en las corridas de las distintas configuraciones fueran comparables se ha utilizado el mismo criterio de asignación de los productos a los sistemas de almacenamiento. En todos los casos se ha procurado asignar los productos a los sistemas de almacenamiento de modo que en los sistemas de alta densidad se tenga una alta utilización (es decir una demanda superior a la capacidad), y que las posiciones sobrantes queden en rack de doble profundidad. Esto último pues es factible suponer que de entrar nuevos productos, o una cantidad mayor de algún producto, será más de una tarima y por lo tanto podría ser almacenado en rack de doble profundidad sin afectar gravemente la utilización.

Después de realizar las corridas con todas las configuraciones los resultados obtenidos son los siguientes:

Cuadro 17: Principales resultados de capacidad de cada configuración propuesta

	Configuración propuesta											
Capacidad bruta Utilización de las ubicaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Capacidad bruta	9292	9292	9292	9688	9688	9320	9220	9556	9952	9484		
	89,4%	89,1%	89,1%	88,2%	86,8%	86,6%	90,4%	89,5%	88,2%	90,4%		
Capacidad neta	8311	8283	8279	8541	8404	8071	8333	8549	8775	8574		

Las principales observaciones que pueden hacerse de estos resultados son:

- La configuración 6 tiene una capacidad neta considerablemente menor que todas las demás, esto se debe a que tiene la menor utilización, y no la compensa con una mayor capacidad bruta como es el caso de la configuración 5.
- Claramente se observa que las configuraciones 8, 9 y 10 tienen una mayor capacidad neta que todas las demás configuraciones, esto se debe a que en ellas

- se cambian los racks de doble profundidad de la Zona de Racks por unos de menor ancho, por lo que se incrementa la capacidad bruta en 264 posiciones.
- Dentro del grupo de las configuraciones que no requieren modificar la Zona de Racks los mejores resultados se consiguen con las configuraciones 4 y 5, por tener rack de doble profundidad para la zona de alisto de bultos, a diferencia de todas las demás configuraciones que utilizan rack selectivo.
- El ancho utilizado para las ubicaciones de almacenamiento en bloque afecta el porcentaje de utilización, y por ende la capacidad neta, como puede notarse al comparar las configuraciones 4 y 5, la única diferencia que tienen es las profundidades utilizadas en el almacenamiento en bloque, y eso resulta en una diferencia de 137 posiciones.
- La mayor capacidad neta se obtiene con la configuración 9, pues combina la utilización de rack de doble profundidad para la zona de alisto de bultos con el cambio de los racks de las Zona de Racks por unos de menor ancho.

3.3.2.4.2.2. Inversión

El segundo elemento que se debe de evaluar como parte de este análisis financiero es la inversión requerida para instalar cada una de las configuraciones propuestas. Para determinar el monto de la inversión se han tomado en cuenta los racks y los equipos para el manejo de materiales que sería necesario adquirir.

En el caso de los racks el 18 de enero del 2009 se cotizó con Metálica Imperio el costo por posición del rack selectivo, rack de doble profundidad y *drive-in* rack. El precio, incluyendo instalación e impuesto de ventas, es el siguiente:

Cuadro 18: Costo de los distintos tipos de rack

Tipo de rack	Costo
Selectivo	\$62
Doble profundidad	\$90
Drive-in	\$130

En las configuraciones en que se sustituyen los racks de doble profundidad que hay en la actualidad en la Zona de Racks por unos con un menor ancho, se ha considerado un valor de rescate de los racks que se quitarían de \$30, esto equivale al 33,3 % del costo de estos racks nuevos. Este valor es bastante conservador y ha sido definido por la empresa, se ha tomado en cuenta que estos racks tienen únicamente un año de uso, y se encuentran en buenas condiciones. El rack selectivo que se quitaría de la Zona de Racks (208 posiciones) se va a asumir que no se vende, por lo que la empresa podría disponer de él de acuerdo con sus necesidades y sin costo alguno. Estos racks también tienen solo un año de uso y están en perfecto estado.

En lo que respecta al rack selectivo que se quitaría del Almacén 1 se ha considerado su valor de rescate como cero, pues son racks muy viejos, cuando Grupo Servica los adquirió para abrir el Centro de Distribución ya habían sido usados previamente, y no todos se encuentran en buenas condiciones.

En el caso del apilador extra que sería necesario adquirir para cualquiera de las configuraciones (ver sección 3.3.2.3.2), el costo que se ha utilizado es de \$80 000, que fue lo que tuvo que pagar la empresa a inicios del 2009 cuando adquirió los dos apiladores con que cuenta actualmente.

Con base en estos costos y en la cantidad de posiciones que hay que adquirir para cada configuración, la inversión necesaria en cada caso es la siguiente:

Cuadro 19: Inversión necesaria para cada configuración propuesta

Rubro	Configuración propuesta											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Racks	\$138 240	\$138 240	\$138 240	\$190 800	\$190 800	\$138 240	\$179 840	\$284 640	\$337 200	\$326 240		
Equipo para el manejo materiales	\$80 000	\$80 000	\$80 000	\$80 000	\$80 000	\$80 000	\$80 000	\$80 000	\$80 000	\$80 000		
Inversión total	\$218 240	\$218 240	\$218 240	\$270 800	\$270 800	\$218 240	\$259 840	\$364 640	\$417 200	\$406 240		

Las principales observaciones que pueden hacerse de estos resultados son:

 La configuración que tiene la mayor capacidad neta (9) es la que requiere de la inversión más cuantiosa.

- Aquellas configuraciones que requieren la sustitución de los racks de doble profundidad de la Zona de Racks tienen un costo \$146 400 superior a las configuraciones que tienen el mismo diseño del Almacén 1 y Zona 2 pero mantienen la Zona de Racks como está en la actualidad.
- Si no se toma en cuenta el costo de sustituir los racks de Zona de Racks, las configuraciones que requieren de una mayor inversión son las que utilizan rack de doble profundidad en el Almacén 1 (las configuraciones 4, 5 y 9).

3.3.2.4.2.3. Rentabilidad

Una vez que se ha determinado la capacidad neta de cada una de las configuraciones (y por lo tanto se puede estimar el incremento en los ingresos y en el costo variable) y la inversión necesaria, es posible calcular la rentabilidad que se esperaría obtener en cada caso.

Las variables que se utilizan para realizar la evaluación financiera de las distintas propuestas son:

- Valor actual neto de la inversión de acuerdo con los flujos de dinero esperados.
- Tasa interna de retorno.
- Tiempo de recuperación de la inversión.

Es importante mencionar una serie de elementos que se tomaron en cuenta al realizar la evaluación financiera de cada alternativa:

- Se ha utilizado una tasa de descuento para la inversión del 15 %, este valor fue definido por la empresa de acuerdo con sus expectativas.
- El plazo de evaluación del proyecto es de 5 años, este valor también ha sido establecido por la compañía.
- Se ha utilizado un valor de rescate de cero tanto para los racks que se comprarían como para el apilador, lo que es conservador si se toma en cuenta que su vida útil es superior a los 5 años.
- No se ha tomado en cuenta el efecto de escudo fiscal que la depreciación de estos equipos le permite a la empresa.

 Se supone que el ingreso por posición utilizada y el costo variable por posición utilizada se mantiene constante.

Para calcular la rentabilidad de la inversión ha sido preciso proyectar los flujos de dinero que serían consecuencia de esta. Debido a que al aumentar la capacidad neta de almacenamiento se espera que aumente la cantidad de producto manejado, esto implica un aumento tanto en los ingresos como en el costo variable. Al multiplicar el margen de contribución por el aumento en la capacidad neta, se obtiene el monto que se espera que la compañía reciba en cada periodo como resultado de la implementación de la nueva infraestructura. Debido a que la nueva capacidad neta se mantiene durante todo el plazo de evaluación, este flujo se repite en cada uno de los periodos. Al llevar a valor presente cada uno de estos flujos (utilizando la tasa de descuento indicada) y posteriormente restar el monto de la inversión se obtiene el valor actual neto de la inversión para cada una de las configuraciones propuestas. Con estos mismos flujos de dinero se calcula la tasa interna de retorno y el tiempo de recuperación de la inversión.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada una de las configuraciones:

Cuadro 20: Evaluación financiera de las configuraciones propuestas

Inversión total	Configuración propuesta											
	1		2		3		4			5		
	\$	218 240	\$	218 240	\$	218 240	\$	270 800	\$	270 800		
Valor actual neto	\$	416 799	\$	396 570	\$	393 681	\$	530 404	\$	431 428		
TIR		82,5%		79,5%		79,1%		84,1%		72,3%		
Tiempo de recuperación		1,4		1,4		1,4		1,3		1,5		

	Configuración propuesta										
		6		7		8		9		10	
Inversión total	\$	218 240	\$	259 840	\$	364 640	\$	417 200	\$	406 240	
Valor actual neto	\$	243 410	\$	391 093	\$	442 344	\$	553 059	\$	418 805	
TIR	1/1	56,3%		69,4%		59,7%		63,4%		53,5%	
Tiempo de recuperación		1,9		1,6		1,8		1,7		2,0	

En este cuadro se incluyen los principales resultados de la evaluación financiera de cada una de las configuraciones, los cuales son vitales para la selección de la mejor alternativa, pues el objetivo de la empresa, así como el de este proyecto, es aumentar la rentabilidad de la operación. También se muestra la inversión y el valor actual neto en forma gráfica, de modo que sea más fácil de visualizar las diferencias existentes entre los resultados de cada una de las alternativas.

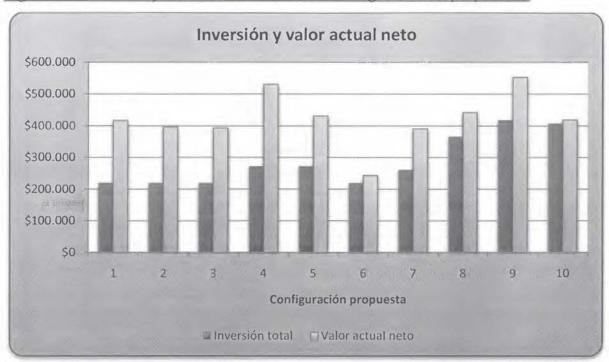


Figura 69: Inversión y valor actual neto de las configuraciones propuestas

Las principales observaciones que se deben de hacer respecto a estos resultados son:

- Todas las alternativas tienen un excelente resultado, con tasas internas de retorno arriba del 50 %, valores actuales netos arriba de \$240 0000 y tiempos de recuperación de la inversión menores a los 2 años.
- Un mayor valor actual neto no implica una mayor tasa interna de retorno, esto pues la inversión en que se incurre no es la misma para todos los casos, la configuración
 4 tiene la mayor tasa interna de retorno pero no el mayor valor actual neto.
- La configuración 9 es la que tiene el mayor valor actual neto, sin embargo también es la que requiere la inversión más cuantiosa.

- Dentro del grupo de configuraciones que no requieren un cambio en la Zona de Racks la mejor tasa interna de retorno se obtiene con la configuración 4, seguida muy de cerca por la configuración 1. En el caso de las configuraciones en que sí se modifica la Zona de Racks el mayor valor se obtiene con la configuración 9, seguida muy de cerca por la configuración 8. Esto es lógico al tomar en cuenta que la 1 y la 8 son iguales excepto por la Zona de Racks, y el mismo fenómeno sucede con la 4 y la 9.
- Se hubiese podido usar un plazo de evaluación de la inversión menor, hasta un mínimo de 2 años, y en todos los casos la inversión hubiera seguido sido rentable.

Una vez que se tienen los resultados tanto de las variables operativas como de las financieras se procede a la selección de la mejor alternativa.

3.3.2.4.3. Selección de la mejor alternativa

Después de haber analizado las variables por separado en las secciones precedentes, el último paso consiste en la valoración integral de todos estos resultados para seleccionar la alternativa que se recomienda implementar.

Lo primero que se debe de señalar es que las configuraciones 4, 5 y 9 son las que han obtenido los mejores resultados en términos de valor actual neto, ⁵⁴ sin embargo tienen la calificación más baja en el aspecto operativo. Esto se debe a los múltiples inconvenientes que conlleva realizar el alisto de bultos desde racks de doble profundidad. El objetivo que se busca en este proyecto es una configuración que incremente la capacidad de almacenamiento, pero que no entorpezca los procesos que se llevan a cabo dentro del almacén. En ese caso, es preferible sacrificar un poco de capacidad.

Asimismo vale señalar que las diferencias respecto a las otras configuraciones en términos de tasa interna de retorno son menores al 4 %, por lo que la disminución en la rentabilidad es aceptable, mientras que el impacto que podrían tener las dificultades

⁵⁴ Los resultados de la evaluación financiera de cada una de las alternativas se presentan en el cuadro 20.

que se presentarían en el alisto de bultos y en el reabastecimiento del área de alisto de bultos son difíciles de cuantificar.

Por esta razón, y porque van en contra de los principios de seguridad ocupacional como se mencionó anteriormente, se decide eliminar estas tres alternativas.

La configuración 6 obtuvo un tres de cinco en la valoración del aspecto operativo, además tiene el menor valor actual neto y la segunda rentabilidad más baja. Estos datos son clara evidencia de que esta no es la mejor alternativa, y por lo tanto se elimina.

De las alternativas restantes hay dos que utilizan *drive-in* rack, la 7 y la 10. Se decide descartar estas alternativas por lo siguiente:

- El utilizar drive-in rack disminuye la flexibilidad de la bodega, pues para tener una buena utilización es preciso que haya productos de los cuales se tengan por lo menos 40 tarimas en inventario.
- En la valoración de las variables operativas obtuvieron una calificación de 3, a diferencia de los otros diseños que no se han eliminado, y que obtuvieron un 5.
- En la evaluación financiera las configuraciones que no utilizan drive-in rack obtuvieron un mejor resultado, tanto en términos de valor actual neto como de rentabilidad de la inversión.

Las 4 alternativas restantes parten de un diseño común. En el caso de los diseños 1, 2 y 3 lo único que cambia es las profundidades que se utilizan para las ubicaciones de almacenamiento en bloque. De estas tres se elige la configuración 1 pues en la evaluación financiera fue la que obtuvo el mejor resultado. Esto ocurre porque tiene la mayor capacidad neta debido a que los tamaños de las ubicaciones utilizadas son más adecuados para la distribución de tarimas por producto que se tiene en el CEDI. Además al tener solo dos profundidades de ubicación, es más fácil de entender y utilizar para el personal, que en las otras dos opciones que se usan tres profundidades diferentes.

Finalmente se tienen dos alternativas, la configuración 1 y la configuración 8. Ambas obtuvieron una calificación de 5 en el aspecto operativo, y son de los mejores en

términos de la evaluación financiera. La única diferencia que existe entre ellas es que en la 8 se cambian los racks de la Zona de Racks por unos con un ancho menor, y por lo tanto se aumenta la cantidad de posiciones, mientras que en la 1 la Zona de Racks permanece como está en la actualidad.

La configuración 8 tiene un valor actual neto mayor por \$25 545, sin embargo tiene una rentabilidad del 59,7 % mientras que en el caso de la configuración 1 la rentabilidad es del 82,5 %. Si la elección se hiciera basándose únicamente en estos resultados sería necesario conocer que otras opciones de inversión tiene la compañía, pues si logra invertir los \$146 400 que se ahorraría en la compra de racks en algo que le brinde una rentabilidad anual mayor al 19 %, entonces la mejor alternativa sería la 1, mientras que si no es así es más rentable implementar la alternativa 8.

Sin embargo, para elegir la mejor alternativa también se han tomado en cuenta otros elementos:

- La inversión que se debe de hacer en la alternativa 1 es un 40 % menor que la necesaria para la configuración 8, por lo tanto para la empresa es más factible disponer de ese monto de dinero. Además de que el tiempo de recuperación de la inversión es menor, variable que es importante para una compañía que dispone de un capital de trabajo limitado.
- Al mantener los racks de doble profundidad de 1,4 m de ancho en la Zona de Racks se podría almacenar producto de Ferreterías EPA en estas ubicaciones en caso de ser necesario, sin embargo si se cambian los racks (como en la alternativa 8) esto no sería posible, pues Ferreterías EPA utiliza tarimas de 1,2 m de ancho. Por esta razón la configuración 1 permite una mayor flexibilidad en cuanto al porcentaje de producto que se maneja de cada uno de los clientes.
- Para cambiar los racks de la Zona de Racks sería necesario remover los que están actualmente, y posteriormente instalar los nuevos. Esta es una labor que lleva tiempo, y que definitivamente afectaría la operación durante el periodo en que se lleve a cabo.

Tomando en cuenta estas consideraciones, y que la diferencia en el valor actual neto es de únicamente \$25 545, se recomienda instalar la configuración 1 por ser la que

mejor responde a los objetivos de la empresa, tiene una excelente rentabilidad haciendo una inversión moderada y mejora el flujo de producto a través del almacén.

3.3.2.5. Slotting de los productos

Después de haber seleccionado la mejor de las posibles configuraciones de sistemas de almacenamiento, el siguiente paso consiste en determinar el *slotting* de los productos dentro del almacén, es decir, en cuál sistema de almacenamiento se debe de colocar cada producto, cuántas ubicaciones en la zona de alisto de bultos se deben de destinar para cada uno de los códigos, y dónde deben de estar ubicadas.

Es importante mencionar que en la sección 3.3.2.2 se explicó que no se van a zonificar las zonas de almacenamiento semi-permanente, el único lugar donde se va a utilizar la zonificación es en la zona de alisto de bultos.

Esta decisión se basa en el hecho de que la zonificación reduce la utilización del almacén, y por lo tanto su capacidad neta (ver sección 2.3.3.1.3). En vez de zonificar, lo que se ha hecho es que se ha diseñado el *layout* del almacén tomando en cuenta que los productos que más movimiento cúbico tienen son los que se deben de colocar más cerca del área de despacho, pues de esta manera se reducen las distancias recorridas y se minimiza el tiempo que toma el alisto de las órdenes. En el caso de Servica los productos que más movimiento cúbico tienen son los mismos que tienen una mayor cantidad de tarimas en inventario (ver sección 3.3.2.2.1), y que por lo tanto se asignan a las ubicaciones de almacenamiento en bloque. De modo que al colocar las ubicaciones de almacenamiento en bloque en el Almacén 1 se logra una reducción en las distancias recorridas

Otra de las decisiones que se debe de tomar como parte del slotting es la asignación de los productos a los distintos sistemas de almacenamiento. Como se explicó en la sección 3.3.1.1.1 no es posible conocer cuál es la asignación óptima de los productos a los sistemas, sin embargo, al conocer los valores de densidad resultantes de asignar cada producto a cada sistema de almacenamiento es posible ir probando con varias alternativas, siempre tratando de asignar cada producto al sistema con el que se consigue la máxima densidad de almacenamiento, pero sin dejar de lado que la

cantidad de ubicaciones en cada sistema es limitada, y por lo tanto no es posible asignar cada producto al sistema óptimo. Este proceso fue el que se siguió durante la simulación que se hizo con cada una de las configuraciones. En el caso de la configuración seleccionada (la alternativa 1), el resultado se presenta en el anexo 9.1, donde se detalla en cuál sistema de almacenamiento se debe de colocar cada uno de los SKUs.

En lo que respecta a la zona de alisto de bultos lo primero que se hizo fue determinar la cantidad de posiciones que era necesario destinar para no tener que reabastecer durante el turno de alisto en más de un 10 % de los días. ⁵⁵ Este cálculo se hizo utilizando la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos", y el resultado fue que se necesitan 323 posiciones. Como parte de este cálculo se determinó la cantidad de ubicaciones que era necesario asignar para cada uno de los SKUs.

Como se mencionó anteriormente, el área de alisto de bultos sí se ha zonificado, se han definido tres zonas:⁵⁶

- Zona A: corresponde a las ubicaciones más accesibles y cercanas al área de despacho. Es el primer nivel de los racks selectivos que están colocados en la mitad sur del Almacén 1. Contiene 104 ubicaciones.
- Zona B: corresponde a las ubicaciones fácilmente accesibles, pero no tan cercanas al área de despacho como la zona A. Es el primer nivel de los racks selectivos que están colocados en la mitad norte del Almacén 1. Contiene 124 ubicaciones.
- Zona C: corresponde a las ubicaciones menos accesibles. Son algunas de las ubicaciones del segundo nivel de los racks selectivos que están colocados en la mitad sur del almacén 1. Contiene 95 ubicaciones.

El último paso que se realizó, utilizando la misma herramienta, consistió en la asignación de los SKUs a las distintas zonas del área de alisto de bultos. Esto se hizo de acuerdo con la popularidad de cada uno de los SKUs, midiendo la popularidad en

252

⁵⁵ Este valor de 10 % o menos se refiere a cada SKU por separado, no significa que en el 90 % de los días no se tendría que reabastecer ningún SKU durante el turno de alisto.

⁵⁶ Para observar la zonificación de la zona de alisto ver el anexo 9.2.

término de líneas, pues es lo que determina la cantidad de veces que se debe de viajar a una ubicación. Para reducir las distancias recorridas durante los viajes de alisto se deben de colocar los productos más populares en las ubicaciones más cercanas al área de despacho (zona A), y los menos populares en las ubicaciones de más difícil acceso (zona C).

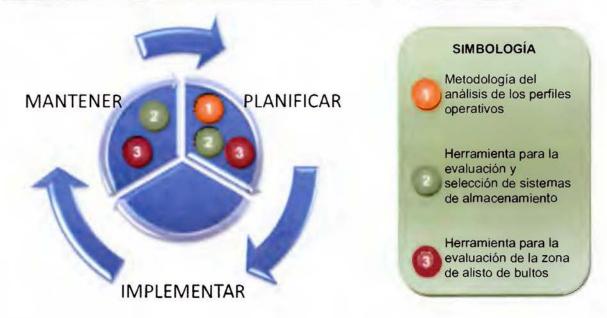
En el anexo 9.3 se detalla cuántas ubicaciones del área de alisto de bultos se asignaron para cada uno de los SKU, y en cuál de las tres zonas.

3.3.3. Metodología de gestión de la infraestructura de almacenamiento

La nueva infraestructura de almacenamiento diseñada para el CEDI ofrece una serie de mejoras que fueron descritas en las secciones anteriores, sin embargo para poder mantenerlas en el tiempo se procedió a realizar el tercer objetivo de la fase del diseño, el cual consiste en: "Desarrollar una metodología que permita mantener en el tiempo las mejoras logradas en el aprovechamiento de la infraestructura de almacenamiento".

La metodología diseñada consta de tres etapas: planificar, implementar y mantener, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 70: Metodología de gestión de la infraestructura de almacenamiento



Primera etapa: PLANIFICAR

Antes de realizar la planificación se deben conocer los siguientes dos aspectos que son de vital importancia para la gestión de la infraestructura de almacenamiento: las prácticas operativas y la infraestructura de almacenamiento. Como parte de este proceso se deben identificar las características que definen a los clientes a los cuales se atiende y los productos que se manejan, esto con el objetivo de determinar si las prácticas operativas empleadas y la infraestructura de almacenamiento utilizada son las adecuadas de acuerdo con las características de la operación.

Para este análisis se recomienda evaluar 4 grupos de perfiles operativos: perfil de alisto, perfil de recepción, perfil de actividad y perfil de inventario, cada uno de los cuales está enfocado en un aspecto diferente de la operación. En el anexo 10 se presenta la "Metodología del análisis de los perfiles operativos" que muestra los pasos a seguir para construir los gráficos y los criterios a utilizar para realizar el análisis.

Al concluir el paso anterior se puede proceder a diseñar diferentes infraestructuras de almacenamiento tomando en cuenta las características y requerimientos identificados en el análisis de los perfiles operativos, asimismo las condiciones limitantes de la realidad tales como las dimensiones de las bodegas, los requerimientos adicionales de los clientes, entre otras. Además se recomienda utilizar la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos" que permite determinar el tamaño necesario de la zona de alisto de bultos para satisfacer la demanda diaria, así como la cantidad de posiciones que se deben de asignar para cada producto en cuál de las zonas de popularidad. En la sección 3.3.1.2 se comenta la lógica de esta herramienta y en el anexo 11 se ofrece un manual de usuario.

Luego de tener varios diseños se debe seleccionar cuál es la mejor alternativa, para esto se sugiere utilizar la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento" que permite evaluar las infraestructuras de almacenamiento diseñadas y calcula unas variables de salida que sirven como criterio para comparar y seleccionar la mejor de las alternativas. Los resultados incluyen valores de utilización, densidad de almacenamiento, capacidad y rentabilidad. En la sección 3.3.1.1 se

comenta la lógica de esta herramienta y en el anexo 12 se brinda un detallado manual de usuario.

Segunda etapa: IMPLEMENTAR

Una vez realizada la selección de la infraestructura de almacenamiento se debe proceder a efectuar las modificaciones necesarias en el centro de distribución de acuerdo con el diseño elegido.

Tercera etapa: MANTENER

Al finalizar la etapa de implementación la siguiente tarea sería mantener en el tiempo las mejoras logradas con la nueva infraestructura de almacenamiento, por lo tanto es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Cuando un nuevo producto ingrese al centro de distribución para ser almacenado se debe utilizar la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento" para seleccionar el sistema de almacenamiento adecuado para este producto.
- Trimestralmente se debe usar la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos" para verificar que el tamaño de la zona de alisto de bultos sea suficiente para satisfacer la demanda diaria, y que la cantidad de ubicaciones asignadas a cada producto y la zonificación sean las adecuadas.

Finalmente se recomienda que las tres etapas sean un ciclo anual, es decir, al cabo de un año volver a la primera etapa, evaluar si la infraestructura de almacenamiento implementada sigue siendo adecuada con respecto a las características de la operación o requiere modificaciones, y para este último caso utilizar las dos herramientas para diseñar una nueva infraestructura de almacenamiento, posteriormente llevar a cabo la segunda y tercera etapa.

Con base en esta metodología de gestión de la infraestructura de almacenamiento se puede observar que el alcance del presente proyecto se limita a la primera etapa. A lo largo del desarrollo de este proyecto, en la fase del diagnóstico se evaluaron los 4 grupos de perfiles operativos con el fin de comprender las características actuales de la operación del CEDI, luego en la fase del diseño se utilizaron las herramientas para

recomendar al CEDI una infraestructura de almacenamiento. Al concluir este proyecto la empresa deberá iniciar la segunda etapa para implementar la infraestructura de almacenamiento recomendada, y posteriormente continuar con la tercera etapa para mantener las mejoras logradas.

CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN

La fase de validación tiene como propósito comprobar que las soluciones desarrolladas durante la fase de diseño corresponden a las oportunidades de mejora identificadas en la fase de diagnóstico.

4.1. Objetivos de la validación

A continuación se presentan los objetivos definidos para esta fase.

4.1.1. Objetivo general de la validación

Comprobar que las soluciones propuestas en la fase de diseño responden a las características de la operación del CEDI y a las oportunidades de mejora identificadas en la fase de diagnóstico.

4.1.2. Objetivos específicos de la validación

- Comprobar que las herramientas desarrolladas son efectivas para la evaluación y selección de infraestructuras de almacenamiento.
- Demostrar que mediante la implementación del diseño propuesto para el CEDI se lograría un aumento en la capacidad de almacenamiento y en la rentabilidad del negocio.

4.2. Metodología de la validación

El anexo 13 presenta un cuadro que muestra los objetivos planteados para la fase de validación, y para cada objetivo se detallan las actividades que se han realizado, las herramientas que se han utilizado, y los resultados obtenidos. A continuación se describe detalladamente la metodología para cada objetivo.

4.2.1. Metodología del primer objetivo de la validación

Durante la fase de diseño se desarrollaron dos herramientas: la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento" y la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos".

Ambas herramientas fueron utilizadas para evaluar las infraestructuras de almacenamiento diseñadas y seleccionar la mejor de las evaluadas, también para diseñar la zona de alisto de bultos por lo tanto es de suma importancia que los resultados de las herramientas sean confiables y cercanos a la realidad. Para comprobarlo se realizó una simulación utilizando la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento" y los datos reales de inventario del periodo que va del 01/09/09 al 11/11/09, luego se estudió lo que realmente ocurrió durante ese período y se analizó si los resultados de la herramienta concuerdan con la situación real.

Luego se verificó que el tamaño de la zona de alisto de bultos calculado mediante la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos" hubiese sido suficiente para satisfacer la demanda diaria y tener que reabastecer durante el turno de alisto en menos del 10 % de los días. Para esto se utilizaron los datos reales de alisto del período que va del 11/01/10 al 22/01/10.

Por otra parte, al finalizar la investigación ambas herramientas serán entregadas al personal del CEDI con el propósito de que las utilicen y puedan llevar a cabo la "Metodología de gestión de la infraestructura de almacenamiento", por lo tanto es necesario que el personal del CEDI comprenda el funcionamiento y uso de las herramientas. Con este propósito se efectuaron dos sesiones con el gerente de operaciones y el jefe de operaciones, el 8 y el 20 de enero de 2010.

4.2.2. Metodología del segundo objetivo de la validación

Se debe comprobar que la infraestructura de almacenamiento propuesta realmente soluciona la problemática que dio inicio a esta investigación y responde a las

oportunidades de mejora que se identificaron en la fase de diagnóstico, además toma en cuenta las características de la operación del CEDI.

Para verificar esto se analizó la infraestructura de almacenamiento propuesta en torno a tres ejes: capacidad, operación y rentabilidad. Para el aspecto de capacidad se realizó una simulación utilizando la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento", luego se comentaron las mejoras logradas con base en los resultados de la simulación, principalmente el aumento de la capacidad de almacenamiento. Para el aspecto operativo se mencionaron los beneficios obtenidos en el flujo de producto. Finalmente para evaluar la rentabilidad se hizo un análisis financiero para demostrar que la propuesta tiene una tasa interna de retorno y un tiempo de recuperación de la inversión muy atractivos.

4.3. Desarrollo de la validación

4.3.1. Validación de las herramientas desarrolladas

Tanto la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento" como la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos" fueron desarrolladas para cumplir con dos propósitos: en primer lugar apoyar al diseño de una infraestructura de almacenamiento que responda a las características de la operación del CEDI, y en segundo lugar permitir al CEDI mantener a lo largo del tiempo las mejoras logradas con el diseño.

Para cumplir con el primer propósito se utilizaron las herramientas junto con el gerente de operaciones del CEDI durante la sesión realizada en el 8 de enero de 2010 (ver anexo 14), quien estuvo de acuerdo de que los resultados de las herramientas reflejan la situación real del CEDI. Por otro lado, también se efectuaron dos pruebas que se mencionan en las siguientes dos sesiones.

4.3.1.1. Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento

Para verificar que los resultados obtenidos al utilizar la "Herramienta para la evaluación y selección de sistemas de almacenamiento" son confiables para evaluar las

infraestructuras de almacenamiento diseñadas y seleccionar la mejor, se comparan los resultados obtenidos al utilizar los datos de inventario del periodo que va del 01/09/09 al 11/11/09 contra lo que realmente sucedió durante dicho periodo.

Los tres resultados de la herramienta empleados para realizar la comparación son los siguientes:

- Porcentaje de días en que hubo faltante de posiciones: 73,17 %
- Área necesaria para esta configuración de sistemas: 5 331 m²
- Capacidad bruta de almacenamiento: 7 916

4.3.1.1.1. Porcentaje de días en que hubo faltante de posiciones

La herramienta calculó que con la infraestructura de almacenamiento actual en un 73,17 % de días se hubiese tenido un faltante de posiciones. Efectivamente durante ese periodo la capacidad instalada no fue suficiente, por lo que fue necesario utilizar posiciones que corresponden a Ferreterías EPA y colocar tarimas en los pasillos. A pesar de que no se puede conocer con exactitud los días en que realmente se dieron los faltantes de capacidad, los colaboradores de la empresa estuvieron de acuerdo en que fue dentro del periodo de tiempo que la herramienta indicaba que se hubiese tenido un faltante.

Con base en estos resultados se puede observar que al utilizar la herramienta se obtuvo un resultado que refleja la problemática real.

4.3.1.1.2. Área necesaria

La herramienta estimó que para la actual infraestructura de almacenamiento se requiere de un área de 5 331 m², sin embargo el área utilizada por el CEDI para el almacenamiento es de 5 730 m², ⁵⁷ son 400 m² más que la estimación de la herramienta.

La diferencia entre ambas cifras es producto de las siguientes situaciones:

⁵⁷ Esta es el área utilizada para almacenar los productos de los demás clientes sin considerar Ferreterías EPA, ya que para el diseño de las diferentes infraestructuras de almacenamiento se determinó mantener una cantidad fija de posiciones para este cliente, por lo que no fue tomado en cuenta en la simulación.

- Los racks instalados en la Zona de Racks están diseñados para almacenar las tarimas que maneja Ferreterías EPA, por lo tanto esas posiciones poseen un ancho de 1,4 m (ver sección 3.3.2.2), lo cual aumenta el requerimiento de área por ubicación en un 14,29 %, ya que la herramienta considera un ancho de 1,19 m para las posiciones de esos racks. Por lo tanto, el área real de la Zona de Racks es aproximadamente 250 m² más de lo que estima la herramienta.
- Los racks instalados en el Almacén 1 están desalineados, lo cual incrementa el área requerida; por otra parte, las columnas ubicadas en esta bodega también demandan espacio, lo cual hace que sea necesario considerar unos 63 m² más.

Al ajustar los datos anteriores la diferencia resultante es del 1,63 % del área realmente utilizada, lo que es perfectamente aceptable al tomar en consideración que es un modelo, y que por lo tanto no toma en cuenta factores como el área que se debe dejar entre la parte posterior de los pasillos y la pared, o que la ubicación de los racks no es exacta, por lo que se puede requerir de un poco más de espacio.

4.3.1.1.3. Capacidad bruta de almacenamiento

La herramienta señaló que la capacidad bruta de almacenamiento es de 7 916 posiciones, a esta cantidad se le deben sumar 260 posiciones del área de alisto de bultos por eso en total son 8 176 posiciones. Actualmente las posiciones con que cuenta el CEDI son 8 156, ⁵⁸ entonces se puede observar una diferencia de 20 posiciones entre el cálculo de la herramienta y la cantidad real.

Esta diferencia se debe a que la herramienta en la cantidad de *lanes* para el almacenamiento en bloque, únicamente permite introducir múltiplos del ancho de ubicación especificado (2 en este caso), pues no se podría instalar media ubicación. Sin embargo la cantidad de *lanes* que posee el almacenamiento en bloque instalado en la actualidad es la siguiente: 29 *lanes* de profundidad 4, 37 *lanes* de profundidad 8 y 37 *lanes* de profundidad 9, por lo que se ingresaron los siguientes datos para realizar la

Esta es la cantidad de posiciones disponibles sin considerar las posiciones que están reservadas para Ferreterías EPA ya que para el diseño de las diferentes infraestructuras de almacenamiento se determinó mantener una cantidad fija de posiciones para este cliente, por lo que no fueron tomadas en cuenta en la simulación.

simulación: 30 lanes de profundidad 4, 36 lanes de profundidad 8 y 38 lanes de profundidad 9.

No obstante, esta diferencia de 20 posiciones solamente representa un 0,24 % de la capacidad bruta de almacenamiento, por eso se puede afirmar que el resultado de la herramienta es muy cercano al valor real.

4.3.1.2. Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos

Con el propósito de verificar que el tamaño de la zona de alisto de bultos calculado utilizando la "Herramienta para la evaluación de la zona de alisto de bultos" es suficiente para cumplir con la meta de tener que reabastecer durante el turno de alisto en menos del 10 % de los días, se determinó lo que hubiera sucedido durante el período que va del 11/01/10 al 22/01/10 (10 días) si se hubiese tenido la zona de alisto de bultos calculada con la herramienta. Se obtuvo que de los 207 productos que hubiesen estado en la zona de alisto de bultos únicamente la siguiente cantidad de productos hubieran tenido que ser reabastecidos durante el turno de alisto:

- 1 producto tendría que haber sido reabastecido durante el turno de alisto en 1 de los 10 días.
- 6 productos tendrían que haber sido reabastecido durante el turno de alisto en 2 de los 10 días.
- 1 producto tendría que haber sido reabastecido durante el turno de alisto en 3 de los 10 días.

Con base en el resultado anterior se puede observar que 199 productos no requirieron ningún reabastecimiento en el turno de alisto durante los 10 días y 1 producto sí lo requirió en 1 de los 10 días, lo cual cumple con lo establecido: reabastecer en menos del 10 % de los días. Sin embargo los restantes 7 productos tuvieron que ser reabastecidos en más de 1 día, sin embargo esto no es una indicación de que no se está cumpliendo con lo establecido, pues el 10 % es un valor promedio, y no quiere decir que se cumple en todos los periodos de 10 días, es por esta misma razón que hay muchos productos que no fue necesario reabastecer ningún día. Más bien se debe tomar en cuenta que únicamente se realizaron 13 reabastecimientos durante el turno

de alisto, lo cual es mucho menor que 207, que sería el valor esperado si cada producto tuviera que ser reabastecido durante el turno de alisto en un 10 % de los dias (207 productos x 0,01 reabastecimiento/producto-día x 10 días = 207 reabastecimientos).

De esta forma se muestra que el tamaño de la zona de alisto de bultos definido es adecuado, por lo que se puede afirmar que se ha logrado el objetivo de que la herramienta brinde resultados que sean consecuentes con la realidad.

4.3.1.3. Capacitación en la utilización de las herramientas

El primer propósito de las herramientas queda cumplido al lograr recomendar una infraestructura de almacenamiento para el CEDI al concluir la fase de diseño, pero faltaria alcanzar el segundo propósito. Dado que el fin es mantener las mejoras logradas con la nueva infraestructura de almacenamiento, es necesario que el personal del CEDI utilice las herramientas de acuerdo con lo indicado en la "Metodología de gestión de la infraestructura de almacenamiento"

Para que ellos puedan utilizarlas es preciso que sepan cómo hacerlo. Con el objetivo de explicarles la lógica subyacente en estas herramientas y la manera en que las deben de utilizar se realizó una sesión de capacitación el 8 de enero de 2010 y otra el 20 de enero de 2010 (ver anexo 14). En dichas sesiones participaron el gerente de operaciones y el jefe de operaciones, quienes son los encargados de gestionar la operación del CEDI actualmente.

A ambos se les explicó la lógica que utilizan las herramientas con el fin de que entendieran los cálculos que se realizan para obtener los resultados. Posteriormente se les mostró la utilización de las herramientas, también se les comentaron las limitaciones que poseen éstas mismas y algunos recordatorios que se deben tener presente durante el uso. Finalmente se les mostró el análisis que se puede realizar a partir de los resultados.

Además se les entregaron los manuales de usuario de ambas herramientas, donde se explica con detalle el funcionamiento de cada una de ellas.

4.3.2. Validación del diseño propuesto para el CEDI

En esta sección se procede a mostrar las mejoras que se logran con la infraestructura de almacenamiento propuesta en comparación con la actual.

A continuación se analizan las mejoras con base en los siguientes tres ejes: capacidad, operación y rentabilidad.

4.3.2.1. Capacidad

El siguiente cuadro muestra los resultados de la simulación realizada con la herramienta tanto para la infraestructura de almacenamiento actual como para la propuesta.

Cuadro 21: Resultados de capacidad de la infraestructura de almacenamiento actual y la propuesta

	Actual	Propuesta
Porcentaje de días en que hubo faltante de posiciones:	73,2%	0,0%
Máximo de posiciones faltantes en un día:	861	-
Utilización de las ubicaciones asignadas:	93,9%	89,4%
Densidad de almacenamiento ubicaciones asignadas:	1,3976	1,6330
Capacidad bruta de almacenamiento:	7 916	9 292
Capacidad neta de almacenamiento:	7 432	8 311

4.3.2.1.1. Capacidad bruta de almacenamiento

Se puede observar que la capacidad bruta de almacenamiento de la infraestructura propuesta aumentó en un 17,38 % con respecto a la actual, esto se debe a que el diseño propone reducir el uso del rack selectivo e incrementar la utilización del almacenamiento en bloque.

La razón por la que el diseño plantea utilizar sistemas que permitan una mayor densidad de almacenamiento como el almacenamiento en bloque se debe a que en la fase de diagnóstico se realizó el "Análisis de tarimas en inventario por SKU" y se detectó que de un 58,3 % de los productos activos se tienen más de 3 tarimas en inventario, y el 98,5 % de las tarimas pertenecen a estos productos, por eso es

recomendable almacenar estos productos en sistemas de alta densidad (ver sección 2.3.3.4.2).

Además con esta modificación propuesta se obtienen las siguientes mejoras:

- La densidad de almacenamiento de las ubicaciones asignadas aumentó en un 16.84 %.
- El porcentaje de días en que hubo faltante de posiciones se redujo hasta 0 %.

Para esta última mejora se debe comentar que de acuerdo con los resultados de la herramienta para la configuración actual se tiene que en un 73,2 % de los días hubo faltante de posiciones, con un máximo de 861 posiciones faltantes en un día, esto refleja la problemática detectada al inicio de esta investigación: "La capacidad de almacenamiento actual del Centro de Distribución no es suficiente para satisfacer un crecimiento de la demanda, sea de los clientes actuales o de nuevos clientes, limitando la posibilidad de incrementar las ventas" (ver el enunciado del problema, sección 1.2). De implementarse el diseño propuesto se lograría un incremento en la capacidad de almacenamiento, de modo que se le haría frente a esta problemática.

Los datos históricos de inventario utilizados para realizar ambas simulaciones (la actual y la propuesta) corresponden al inventario almacenado en las instalaciones de El Coyol, no obstante se debe recordar que la compañía recientemente se vio en la necesidad de alquilar otra bodega en Turrúcares para hacer frente a la demanda creciente de sus clientes.

De implementarse el diseño propuesto en las instalaciones de El Coyol se aumentaría la capacidad de almacenamiento, por lo que la empresa tendría dos alternativas:

- Dejar de alquilar la bodega de Turrúcares: pasar lo que se pueda de la bodega de Turrúcares a las instalaciones de El Coyol, y alquilar una bodega más pequeña con capacidad suficiente para almacenar las tarimas que no se logren colocar en las instalaciones de El Coyol. Esto con el objetivo de reducir los costos de alquiler.
- Seguir alquilando la bodega de Turrúcares: mantener la bodega de Turrúcares y aprovechar el aumento de la capacidad de almacenamiento de las instalaciones de

El Coyol para almacenar más producto, de modo que se pueda ofrecerle servicios a nuevos clientes, esto con el objetivo de incrementar los ingresos.

La decisión de cuál alternativa escoger depende de la estrategia que maneja el CEDI: reducir los costos o aumentar los ingresos. No obstante, independientemente cuál sea la alternativa seleccionada siempre se logra cumplir con el objetivo general de esta investigación: "Incrementar el volumen de producto manejado y aumentar la rentabilidad del negocio".

4.3.2.1.2. Utilización de las ubicaciones asignadas

Se puede observar que el porcentaje de utilización de la infraestructura de almacenamiento propuesta bajó en un 4,5 % con respecto a la actual, esto se debe a que actualmente un 36,9 % de las posiciones de almacenamiento disponibles son en rack selectivo, el cual es un sistema de almacenamiento de alta utilización pero de baja densidad, por eso el porcentaje de utilización actual es alto.

En la infraestructura de almacenamiento propuesta el porcentaje de las posiciones de almacenamiento en rack selectivo se redujo hasta un 17,6 %. A su vez se incrementó el uso del almacenamiento en bloque, ya que un 37,63 % de las posiciones disponibles están en este sistema. Esto influyó en que la densidad de almacenamiento aumentara, pero por otra parte causó que el porcentaje de utilización bajara, pues en el almacenamiento en bloque el efecto *honeycombing* afecta de manera significativa, mientras que en el rack selectivo es inexistente.

4.3.2.1.3. Capacidad neta de almacenamiento

A pesar de que el porcentaje de utilización bajó, la capacidad bruta de almacenamiento aumentó en una proporción mayor, esto implica que se da un incremento en la capacidad neta de almacenamiento.

Se puede observar que la capacidad neta de almacenamiento aumentó en un 11,8 % respecto a la actual. Con este resultado se comprueba nuevamente que la infraestructura de almacenamiento propuesta responde al problema de escasez de capacidad y abre la posibilidad de prestarles servicio a nuevos clientes.

4.3.2.2. Operación

El flujo del diseño propuesto sigue respectando el patrón de flujo con que se cuenta actualmente: las tarimas ingresan desde la Zona 2 o la zona de recepción, se almacenan en la Zona 2, la Zona de Racks y el Almacén 1, y salen por la zona de despacho. No obstante, al instalar las ubicaciones de almacenamiento en bloque en el Almacén 1 se logran reducir las distancias recorridas durante los viajes de alisto de tarimas.

El ancho de los pasillos se mantiene igual que en la actualidad, lo cual garantiza que los equipos para el manejo de materiales puedan transitar sin ningún peligro ni dificultad.

Finalmente la propuesta de separar la zona de alisto de bultos de la zona de almacenamiento semi-permanente permite separar el tránsito de las carretillas del tránsito de los montacargas y apiladores. De esta forma las carretillas no tendrían que recorrer toda la bodega, sino únicamente dentro de la zona de alisto de bultos, por lo que se reducirían las distancias recorridas. Además como las carretillas solo circularían dentro de la zona de alisto de bultos, los montacargas y apiladores podrían viajar con más velocidad, al no haber peligro de chocar con un alistador.

4.3.2.3. Rentabilidad

Para la implementación de la infraestructura de almacenamiento propuesta se requiere de una inversión de \$ 218 240, no obstante su tiempo de recuperación es de únicamente 1,4 años y el valor actual neto del proyecto es de \$ 416 799,⁵⁹ por lo que es una propuesta sumamente rentable. La tasa interna de retorno de la inversión es de 82,5 %, muy por encima del 15 % que la empresa definió como tasa de descuento. Esta es la mejor validación de que el resultado del proyecto es beneficioso para la empresa y cumple con el objetivo planteado al inicio de esta investigación.

⁵⁹ En la sección 3.3.2.4.2.3 se explica cómo se calculó la rentabilidad de cada uno de los diseños propuestos.

- En el proceso de alisto de órdenes los encargados se enfocan más en la velocidad con que se preparan las órdenes que en la exactitud, como consecuencia el porcentaje de olas que tienen algún error de alisto asciende a un 8,21 %. Estos errores en el alisto obligan a realizar una serie de actividades que no agregan valor pero consumen recursos, además de que atrasan el proceso de despacho de las órdenes, pues antes de cargarlas se deben de corregir los errores que el chequeador detecta.
- Muchas de las oportunidades de mejora identificadas a lo largo del diagnóstico están relacionadas directa o indirectamente con el WMS que es utilizado actualmente en el CEDI Por lo tanto, uno de los pasos importantes para perfeccionar la operación es la mejora de este Sistema de Información, o la sustitución por uno que sea más adecuado para las condiciones actuales.
- La gran mayoría de las actividades de manejo de materiales dentro del CEDI atañen al manejo de tarimas completas, un 95,6 % de los viajes de recepción y un 72,0 % de los viajes de alisto corresponden al transporte de tarimas completas de un solo SKU, por lo que el equipo para el manejo de materiales utilizado debe de ser rápido y ágil en el manejo de tarimas, de modo que permita una mayor eficiencia en el transporte, colocación y extracción de los productos.
- Existe una gran disparidad entre el movimiento cúbico que se tiene de cada uno de los SKUs, mientras que un 75,3 % de los m³ de producto alistado corresponden a únicamente un 10 % de los SKUs, un 50 % de los SKUs representan el 2,2 % del movimiento cúbico del almacén. Esto hace imperativo el uso de algún esquema de zonificación por popularidad, de modo que se reduzcan las distancias recorridas y los tiempo de alisto.
- Los sistemas de almacenamiento utilizados en el CEDI no corresponden con las características del producto que se maneja, aproximadamente un 75 % de las posiciones de almacenamiento disponibles se encuentran en rack selectivo o en rack de doble profundidad, sin embargo un 86,8 % de las tarimas en inventario son de SKUs con más de 25 tarimas en inventario, para los que se sugiere el uso de

- sistemas con una densidad de almacenamiento mayor que la del rack selectivo o del rack de doble profundidad.
- Las herramientas diseñadas en Microsoft Excel le permiten a la compañía tomar sus decisiones respecto a la infraestructura de almacenamiento con base en un criterio racional y estructurado, considerando las características propias de los productos que se manejan en el CEDI.
- A pesar de que por la cantidad de producto que se tiene en inventario de cada uno de los SKUs no es recomendable la instalación de rack selectivo, la necesidad de de contar con un área adecuada para el alisto de bultos ha hecho necesario incorporar este sistema de almacenamiento en cada uno de los diseños propuestos.
- Para la implementación de cualquiera de las configuraciones propuestas es imprescindible la mejora del WMS actual o la instalación de uno con más funcionalidades, específicamente que permita el putaway guiado y separar la porción de la orden de alisto que corresponde al alisto de bultos de la que corresponde al alisto de tarimas.
- De implementarse la infraestructura de almacenamiento propuesta no solo se incrementaría la capacidad neta de almacenamiento en un 11,8 %, sino que también se lograría un ahorro importante en las distancias recorridas durante el proceso de alisto al colocar los productos de mayor movimiento cúbico cerca del área de despacho, a diferencia de lo que sucede en la actualidad que están en costados opuestos del edificio.
- La tasa interna de retorno de 82,5 % que se calcula se obtendría de la implementación del diseño propuesto es muy superior a la tasa de descuento de 15 % definida por la empresa, lo que hace el proyecto atractivo desde el punto de vista financiero. Además se logra mantener una gran flexibilidad en el almacén, de modo que si eventualmente cambian las características de la operación y es preciso instalar de nuevo rack selectivo en el Almacén 1, nada más se tendría que volver a instalar los racks que se quitarían ahora, y no se perdería una inversión. Esto sucede porque las modificaciones sugeridas consisten principalmente en remover, y no en añadir racks.

- Mediante el desarrollo de los objetivos de la fase de diseño se ha logrado dar respuesta a las principales oportunidades de mejora identificadas durante la etapa de diagnóstico. Se diseñó un layout que permite una mayor densidad de almacenamiento y una mayor productividad en los procesos de alisto de bultos y de tarimas, además de utilizar sistemas de almacenamiento que permiten una densidad de almacenamiento mucho mayor que el rack selectivo, tal como debe de ser cuando se manejan productos con las características de los que se tiene en el CEDI.
- En la etapa de validación se ha comprobado no solo que las herramientas desarrolladas funcionan bien, y que el diseño propuesto de la infraestructura de almacenamiento es superior al actual, sino que también se ha demostrado que los resultados obtenidos responden a la problemática que motivó la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias Vargas, Marco Antonio. Creación de un instrumento formal para la medición del desempeño de la cestión de logística en las empresas de Costa Rica. Costa Rica, 2004
- Ballou, Ronald. Logística. Administración de la cadena de suministro. Quinta edición, Pearson Educación. México, 2004.
- Chopra, Sunil. Supply chain management: strategy, planning and operation.
 Tercera edición, Pearson Educaction. Estados Unidos, 2007.
- Frazelle, Edward. <u>Supply chain strategy: the logistics of supply chain management.</u>
 McGraw-Hill. Estados Unidos, 2002.
- Frazelle, Edward. World-class warehousing and material handling. McGraw-Hill.
 Estados Unidos, 2002.
- Gilmore, Dan. (2005). <u>Task Interleaving in the DC Reality or Myth?</u> Consultado 4 de octubre del 2009, del sitio web de Supply Chain Digest: http://www.scdigest.com/assets/FirstThoughts/05-01-27.cfm?cid=371&ctype=content
- Langley, C. John Jr. & Capgemini U.S. LLC <u>Third-Party Logistics Study Results</u> and Findings of the 11th Annual Study. 2006.
- Material Handling Industry of America. (2010), <u>Glossary</u> Consultado 19 de enero del 2010, del sitio web de Material Handling Industry of America: http://www.mhia.org/learning/glossary/h
- Napolitano, Maida. <u>The Time. Space & Cost Guide to Better Warehouse Design.</u>
 Segunda edición. Distribution Group. Estados Unidos, 2003.
- Pau Cos, Jordi & De Navascués, Ricardo. <u>Manual de Logística Integral</u>. Ediciones Díaz de Santos S.A., España, 2001.
- Trybus, Thomas & Hopkins, Lewis. <u>Humans vs. Computer algorithms for the plant</u> lavout problema. Management Science, Vol. 26, Núm. 6 (junio de 1980), págs. 570-574.

- Alisto por lote: En vez de un alistador trabajar en una sola orden a la vez, las órdenes son agrupadas. Los alistadores tienen la responsabilidad de alistar un lote de órdenes durante un tour de alisto. La principal ventaja del alisto por lote es la reducción en el tiempo de traslado por línea. La principal desventaja del alisto por lote es el tiempo requerido para separar los ítems según a la orden de cliente a que corresponden, y el potencial para errores de alisto. (Frazelle, 2002b, pp. 158-159)
- Alisto por zona: Asignar recolectores individuales de pedidos para atender solo un número limitado de de los artículos del stock, en vez de diseñar rutas por todo el inventario. Un recolector de pedidos puede seleccionar las existencias de una zona única aislada o diseñada, y surtir solo una parte del pedido total del cliente. (Ballou, 2004, p. 490)
- Almacenamiento en bloque: Consiste en estibar el producto sin ayuda de ningún equipo, las cajas o tarimas van unas encima de otras. La altura a la que se puede estibar depende del producto, las instalaciones y del equipo para el manejo de materiales utilizado. El producto rota bajo la modalidad UEPS (último que entra, primero que sale), por eso no es recomendable para producto perecedero; sin embargo es especialmente efectivo cuando se manejan muchas tarimas por SKU y cuando el inventario rota en grandes incrementos (muchas tarimas a la vez). (Frazelle, 2002b, p. 86)
- CEDI: Centro de Distribución.
- Cross-docking: Proceso en el cual producto es recibido en una instalación, ocasionalmente es agrupado con otros productos que van hacia el mismo destino, y posteriormente despachado lo más pronto posible, sin nunca entrar a almacenamiento de largo plazo. El proceso requiere conocimiento previo del producto que se va a recibir, su destino, y un sistema para asignar el producto al vehículo de despacho adecuado. (Napolitano, 2003, p. 124)
- Drive-in rack: Sistema de almacenamiento que permite al montacargas manejar dentro del rack para colocar o extraer una tarima. Esto es posible porque el rack consiste de columnas verticales con rieles horizontales que soportan las tarimas a

- una altura superior que la del montacargas. Esta construcción permite múltiples niveles de almacenamiento de tarimas. (Frazelle, 2002b, pp. 91-92)
- Flow rack: Las cargas son transportadas en un riel desde un final del pasillo de almacenamiento al otro final. Cuando una tarima es removida del frente del pasillo de almacenamiento, la siguiente tarima avanza hasta la cara frontal. El propósito principal de este rack es permitir un alto throughput y buena utilización del espacio cúbico. (Frazelle, 2002b, pp. 92-93)
- Handheld (PDA con lector de código de barras): Ordenador portátil que por medio de radio frecuencia se comunica con el sistema de información, permitiendo la transferencia en tiempo real de datos entre el sistema y el dispositivo, e incluye un lector de código de barras.
- Honeycombing: El almacenamiento o extracción de las unidades en una forma tal
 que queda espacio vacante que no es utilizable para el almacenamiento de otros
 ítems. La aparición de espacio desocupado ocasionado por la extracción de
 unidades almacenadas. Este es uno de los principales costos ocultos del
 almacenamiento. (Material Handling Industry of America, 2010, sección Glossary)
- Infraestructura de almacenamiento: Se refiere a la combinación de sistemas de almacenamiento utilizados para el almacenamiento de los productos. Debe especificar la cantidad de posiciones que se tiene en cada uno de los sistemas de almacenamiento.
- Interleaving: Eslabonamiento de actividades discretas dirigido por el sistema.
 Comúnmente, esto significa que un operador realizando el putaway de una tarima es luego enviado a extraer una tarima que está cerca y usarla para reabastecer una zona de alisto. La idea es reducir la cantidad de viajes muertos del equipo para el manejo de materiales dentro del centro de distribución. (Gilmore, 2005)
- Lane: Fila donde se coloca producto dentro de un sistema de almacenamiento, tiene una orientación perpendicular al pasillo de tránsito desde el cual se accede.
- Layout: Distribución de planta. Plano de la distribución de los recursos, y centros de actividad económica (máquinas, puestos de trabajo, zonas de almacenamiento, etc.) de un área determinada. (Pau Cos & de Navascués, p. 824)

- NAF: Núcleo Administrativo Financiero. Sistema de información orientado al manejo de las transacciones diarias tanto contables como operativas, está constituido por los siguientes módulos: Activo Fijo, Cajas, Contabilidad, Cheques y Conciliaciones, Cuentas por Pagar, Cuentas por Cobrar, Compras, Facturación, Inventario, Importaciones, POS, Planilla y Recursos Humanos. Está orientado a la automatización de procesos, es lo que se conoce como un ERP (Entreprise Resource Planning).
- Push-back rack: Provee un pasillo de almacenamiento en que la última tarima que entra es la primera que sale. Utiliza rieles para cada una de las tarimas. Cuando una tarima es colocada en el rack, su peso y la fuerza del vehículo que la está colocando empujan las otras tarimas hacia dentro del pasillo abriendo espacio para colocar una tarima adicional. Cuando una tarima es removida de la posición frontal el peso de las demás tarimas automáticamente las hace avanzar hacia el frente del rack, por lo tanto siempre hay una tarima accesible. No requiere el uso de montacargas con aditamentos especiales para mayor alcance, pues siempre hay una tarima en la cara frontal. (Frazelle, 2002b, p. 93)
- Putaway: Es la acción de de colocar la mercadería en la zona de almacenamiento.
 Incluye el transporte del material, la verificación de la ubicación y la colocación del producto. (Frazelle, 2002a, p. 230)
- Rack de doble profundidad: Son muy similares al rack selectivo, pero en cada cara que da al pasillo hay dos ubicaciones de profundidad. La ventaja es que disminuye considerablemente los requerimientos de pasillos, usualmente un 50% con respecto al rack selectivo. Sin embargo, la desventaja es que las dos posiciones que tienen la misma cara hacia el pasillo deben contener el mismo SKU, pues para sacar la del fondo hay que sacar la del frente primero, por eso la utilización de posiciones es aproximadamente un 10% menor que en el rack selectivo. Generalmente son utilizados para SKUs que se tienen cinco o más tarimas, y que se reciben o extraen en múltiplos de dos tarimas. (Frazelle, 2002b, pp. 90-91)
- Rack selectivo: Consiste en estructuras de metal de puntales y largueros que forman una especie de matriz tridimensional, que permiten el acceso directo a

todas las posiciones. El principal inconveniente es que se necesita mucho espacio para pasillos, usualmente entre 50% y 60% del área de piso disponible, por eso para SKUs que se tienen más de cinco tarimas se prefiere un método que almacene por lo menos dos tarimas en una cara perpendicular al pasillo. (Frazelle, 2002b, pp. 89-90)

- Sistema de almacenamiento: Alguna de las modalidades que se utilizan para almacenar los productos. Pueden requerir el uso de equipo, como el caso de la estantería, o puede consistir en un criterio de ordenamiento, tal como el almacenamiento en bloque.
- **SKU:** Stock-Keeping Unit. Un producto final individual. En un sentido más riguroso se refiere a un producto individual, específico en una determinada locación. Por lo tanto, el producto #1234 en el almacén de Los Angeles es un SKU diferente que el mismo producto en el almacén de Chicago. (Wallace, 2008, p. 223)
- Slotting: Corresponde a la determinación del sistema de almacenamiento, cantidad de posiciones dentro del sistema de almacenamiento, y ubicación de las posiciones dentro del sistema de almacenamiento para un determinado producto. Tiene un impacto significativo sobre todos los indicadores claves de desempeño del almacén: productividad, exactitud de envíos, exactitud del inventario, tiempo de ciclo de una orden y densidad de almacenamiento. (Frazelle, 2002b, p.168)
- TMS: Transportation Management System (Sistema de administración de transporte). Sistema de información que tiene el propósito de ayudar en la planeación y control de la actividad de transporte de la empresa. Esto implica: 1) selección del método; 2) consolidación del flete; 3) ruta y programación de envíos; 4) procesamiento de quejas; 5) rastreo de envíos y 6) información y pago de la facturación del flete. Puede ser que el TMS de una empresa en particular no contenga todos estos elementos. (Ballou, 2004, p. 150)
- Throughput: Valor promedio de la salida de un proceso productivo (máquina, estación de trabajo, línea, planta) por unidad de tiempo (p.ej. partes por hora).
 (Hopp, 2008, p. 229)

- Viaje de alisto: Se refiere al recorrido que hace el alistador saliendo desde la zona de despacho, alistando suficientes bultos para llenar una tarima y regresando a la zona de despacho.
- Viaje de recepción: Se refiere al recorrido que se hace desde la zona de recepción y se lleva la tarima de producto, o los bultos de varios productos, a la posición o posiciones, donde va a ser ubicada dentro del almacén, y posteriormente se vuelve a la zona de recepción.
- VPN: Virtual Private Network. Es una tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada, como por ejemplo Internet. Permite al usuario ingresar a un sistema informático desde una ubicación remota con la ayuda de un software, por eso una empresa que utiliza VPN permite a su personal tener acceso a la información que tendría si estuviera conectado físicamente a la red de la empresa, aunque en realidad está conectado a través de Internet.
- **WMS**: Warehouse Management System (Sistema de administración de almacenes). Software de computadora para gestionar y controlar la actividad de los productos, equipos, y personas dentro del almacén. El sistema puede integrarse con tecnología de código de barras y de radiofrecuencia para recopilar y comunicar la información. (Napolitano, 2003, p. 130)